

**Energiebilanz und Beanspruchungsprofil
spezifischer Bewegungsangebote
der pädiatrischen Adipositas therapie**

**Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Philosophie
im Fachbereich Psychologie und Sportwissenschaften
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
zu Frankfurt am Main**

vorgelegt von Christian Thiel
aus Oberursel

2006

Vorwort

Bedanken möchte ich mich bei all denen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Für die Betreuung der Arbeit und die nachhaltige Unterstützung danke ich meinem Betreuer Herrn Prof. Dr. Dr. Winfried Banzer herzlich.

Die Zusammenarbeit mit Dr. Hanspeter Goldschmidt, Dr. Gerd Claußnitzer und Christian Eilers (medinet Spessart-Klinik Bad Orb) haben wesentlich zum Ablauf der Untersuchung beigetragen. Dafür und für die Möglichkeiten zur Nutzung der Räumlichkeiten sei ihnen herzlich gedankt.

Ich danke den Kindern und Jugendlichen für die Bereitschaft zur Teilnahme an der vorliegenden Untersuchung und den Mitarbeitern der Spessartklinik sowie der Abteilung Sportmedizin für die Unterstützung bei den Messungen.

Für wertvolle und unentbehrliche Anregungen in versuchsplanerischen und methodischen Fragen gilt mein Dank Dr. Hans-Ulrich Rhodius und PD Dr. Lutz Vogt. Herrn PD Dr. Vogt danke ich ebenso für zahlreiche richtungsweisende Hinweise und Ratschläge vom Beginn der Studie bis hin zur Fertigstellung des Manuskriptes.

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes danke ich Stefan Schubert, Julia Schütz, Katrin Lucki und Markus Hübscher.

Allen Kolleginnen und Kollegen im Arbeitsbereich Sportmedizin danke ich für ihre Unterstützung und die motivierende und hilfsbereite Stimmung im Team.

1	EINLEITUNG	1
2	PROBLEMSTELLUNG UND FORSCHUNGSSTAND	4
2.1	ADIPOSITAS BEI KINDERN UND JUGENDLICHEN – PRÄVALENZ, ÄTIOLOGIE UND FOLGEN	4
2.2	THERAPIE DER JUVENILEN ADIPOSITAS	7
2.2.1	<i>Reduktion der Energiezufuhr</i>	7
2.2.2	<i>Steigerung körperlicher Aktivität und Reduktion von Inaktivität</i>	8
2.2.3	<i>Verhaltensmodifikation.....</i>	10
2.2.4	<i>Einbindung des sozialen Umfelds.....</i>	11
2.2.5	<i>Medikamentöse und chirurgische Therapie</i>	11
2.2.6	<i>Evidenz für die Wirksamkeit multidisziplinärer Therapieprogramme</i>	11
2.3	QUALITÄTSSICHERUNG IN DER PÄDIATRISCHEN ADIPOSITAS-BEWEGUNGSTHERAPIE....	13
2.4	EVIDENZBASIERUNG DER BELASTUNGSGESTALTUNG UNTER BERÜCKSICHTIGUNG SPEZIFISCHER THERAPIEZIELE	15
2.4.1	<i>Körperliche Aktivität zur Veränderung der Körperzusammensetzung</i>	19
2.4.2	<i>Reduktion von Risikofaktoren, Morbidität und Mortalität.....</i>	22
2.4.3	<i>Verbesserung der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit.....</i>	25
2.5	SIND GÄNGIGE THERAPIEPROGRAMME EMPFEHLUNGSKONFORM?.....	28
2.6	METHODEN ZUR ERFASSUNG KÖRPERLICHER AKTIVITÄT	31
3	ZIELSTELLUNG UND HYPOTHESEN	35
4	METHODIK.....	38
4.1	PERSONENSTICHPROBE	38
4.1.1	<i>Einschlusskriterien</i>	39
4.1.2	<i>Ausschlusskriterien</i>	39
4.1.3	<i>Fallzahlberechnung.....</i>	39
4.2	MERKMALSSTICHPROBE	40
4.3	ERFASSUNG DES TRAININGSUMFANGS.....	41
4.4	HF-FLEX EINGANGSTEST	42
4.4.1	<i>Atemgasanalyse.....</i>	42
4.4.2	<i>Herzfrequenz.....</i>	44
4.4.3	<i>Belastungsprotokoll.....</i>	44
4.4.4	<i>Ermittlung der maximalen Sauerstoffaufnahme</i>	46
4.5	ERMITTLUNG DER INDIVIDUELLEN HF-VO ₂ -RELATION	47
4.6	ERFASSUNG DER HERZFREQUENZ IN DER THERAPIESTUNDE	47

4.7	IDENTIFIKATION DER BEWEGUNGSANGEBOTE	48
4.8	HERZFREQUENZBASIERTE BERECHNUNG DER BELASTUNGSKENNGRÖßEN	50
4.8.1	<i>Energieumsatz</i>	50
4.8.2	<i>Belastungsintensität</i>	51
4.8.3	<i>Anteil moderater bis intensiver körperlicher Aktivität (MVPA-Anteil)</i>	51
4.8.4	<i>Beanspruchungsverteilung der Bewegungsangebote</i>	51
4.9	ERFASSUNG DER INDIVIDUELLEN PRÄFERENZEN	52
4.10	STATISTISCHE DATENVERARBEITUNG	52
5	ERGEBNISSE	53
5.1	BELASTUNGSKENNGRÖßEN DER GESAMTEN THERAPIEWOCHE	54
5.2	BELASTUNGSKENNGRÖßEN SPEZIFISCHER BEWEGUNGSANGEBOTE	56
5.3	BEANSPRUCHUNGSVERTEILUNG	59
5.4	PRÄFERENZEN	60
6	DISKUSSION	62
6.1	HF-FLEX EINGANGSTEST	63
6.1.1	<i>Bewertung der Ausdauerleistungsfähigkeit des Probandenkollektivs</i>	63
6.1.2	<i>Methodische Überlegungen zum HF-Flex Eingangstest</i>	64
6.2	BELASTUNGSKENNGRÖßEN DER GESAMTEN THERAPIEWOCHE	67
6.2.1	<i>Energiemehrumsatz</i>	68
6.2.2	<i>Relative Intensität</i>	71
6.2.3	<i>Wöchentlicher MVPA-Umfang</i>	75
6.2.4	<i>Beanspruchungsverteilung</i>	81
6.3	VERGLEICH SPEZIFISCHER BEWEGUNGSANGEBOTE	82
6.3.1	<i>Energieumsatz</i>	84
6.3.2	<i>Relative Intensität</i>	85
6.3.3	<i>MVPA-Anteil</i>	88
6.3.4	<i>Beanspruchungsverteilung</i>	89
6.3.5	<i>Vergleich ausgewählter Belastungskenngrößen mit bisher publizierten Ergebnissen</i>	91
6.3.6	<i>Präferenzen</i>	99
6.4	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	103
6.4.1	<i>Empfehlungen zur Gestaltung der Bewegungstherapie bei adipösen Kindern und Jugendlichen</i>	103
6.4.2	<i>Übertragbarkeit der Ergebnisse</i>	105
6.4.3	<i>Stellenwert der Beanspruchungsdiagnostik</i>	105
6.4.4	<i>Überlegungen zur Erhebungsmethodik</i>	107

6.4.5	<i>Zukünftige Forschungsaktivitäten</i>	109
7	ZUSAMMENFASSUNG	111
8	LITERATURVERZEICHNIS	114
ANHANG I: INHALTE VERSCHIEDENER BEWEGUNGSANGEBOTE DER PÄDIATRISCHEN ADIPOSITASTHERAPIE		137
ANHANG II: MANUSKRIFT „VALIDITÄT HERZFREQUENZBASIERTER ENERGIEVERBRAUCHSBERECHNUNGEN IN DER PÄDIATRISCHEN ADIPOSITASTHERAPIE“		138
ANHANG III: FRAGEBOGEN ZUR ERHEBUNG INDIVIDUELLER PRÄFERENZEN		152
ANHANG IV: EXEMPLARISCHES BEWEGUNGSTHERAPIE-PROTOKOLL.....		153
DIAGRAMMVERZEICHNIS		154
TABELLENVERZEICHNIS		156

1 Einleitung

Die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in den westlichen Industrienationen hat innerhalb der letzten 20 Jahre dramatisch zugenommen (Ogden et al. 2002, Jolliffe 2004, Hedley et al. 2004). In Europa übertrifft nach einem Bericht der *International Obesity Task Force* (IOTF) die Zunahme des Anteils übergewichtiger Kinder und Jugendlicher auf rund 24% selbst pessimistische Szenarien (Lobstein et al. 2004). Angesichts von über 400.000 europäischen Schulkindern, die jährlich hinzukommen, erscheint eine Kontrolle dieser Entwicklung und ihrer erheblichen körperlichen, psychosozialen und ökonomischen Folgen momentan nicht möglich (Lobstein et al. 2004, Wabitsch 2006). Insbesondere erregt Besorgnis, dass dieses Übergewicht bei Heranwachsenden oft in Adipositas übergeht und mit hohen Persistenzraten bis in das Erwachsenenalter bestehen bleibt (Laessle et al. 2001). Mit Folgekosten von jährlich über 15 Mrd. Euro in Deutschland (Wirth 2003) und weit mehr als 350.000 Todesfällen pro Jahr in den USA (Mokdad et al. 2004) stellen übergewichts- und bewegungsmangelassoziierte Störungen aus sozialmedizinischer und epidemiologischer Sicht ein Gesundheitsproblem ersten Ranges dar und erfordern die Intensivierung der Suche nach wirksamen Behandlungs- und Präventionsstrategien (Steinbeck 2001, Lobstein et al. 2004, Wabitsch 2006).

Juvenile Adipositas ist ein heterogenes Krankheitsbild mit multifaktorieller Genese (Wirth 2000, Ebbeling et al. 2002, Haslam und James 2005). Begünstigt durch gesellschaftliche Veränderungen im Sinne einer adipogenen Umwelt, tragen Fehlernährung und körperliche Inaktivität zu einer ungünstigen Energiebilanz und bei chronischem Bestehen zur Speicherung von Energie in Form von Körperfett bei (Lobstein et al. 2004, Wabitsch 2006). Neben Störungen der psychosozialen Entwicklung (Haslbeck 1998, Dietz 1998, Warschburger et al. 1999, Britz et al. 2000) begünstigt dies bei längerem Bestehen das Auftreten von Komorbiditäten wie kardiovaskulären Erkrankungen, Fettstoffwechselstörungen und orthopädischer Probleme (Buemann und Tremblay 1996, Stefanick 1999, Freedman et al. 1999, Wirth 2000, Bonora 2000, Reinehr et al. 2005).

Ganzheitliche, multimodale Therapieprogramme beinhalten körperliche Aktivität, Diät und Verhaltenstraining unter Einbindung des Umfelds (Ebbeling et al. 2002, AGA 2004, Wabitsch und Kunze 2004). Bislang zeigt sich Adipositas jedoch als weitgehend therapieresistent, und die langfristige Wirksamkeit komplextherapeutischer Intervention ist nicht belegt (Summerbell et al. 2005, Wabitsch 2006, Reinehr 2006). Zudem sind aktuelle Empfehlungen zur Auswahl der Bewegungsangebote und zur Belastungssteuerung in der Bewegungstherapie adipöser Kinder und Jugendlicher nicht evidenzbasiert (Epstein und Goldfield 1999, Twisk 2001, Livingstone et al. 2003b, Wabitsch und Kunze 2004, Blair et al. 2004), was unter anderem auf methodische und konzeptionelle Limitationen bisheriger Studien zurückzuführen ist

(Riddoch und Boreham 1995, Epstein und Goldfield 1999, Sallis et al. 2000a, Summerbell et al. 2005). Insbesondere das weitgehende Fehlen systematischer und objektiver Erhebungen von Belastungskenngrößen unterschiedlicher bewegungstherapeutischer Angebote sowie deren mangelhafte Dokumentation erschweren die Ermittlung valider Dosis-Wirkungs-Beziehungen (Riddoch und Boreham 1995, Goran 1998, Welk et al. 2000, Sirard und Pate 2001, Ainslie et al. 2003, Livingstone et al. 2003b, Vanhees et al. 2005).

Gängige Leitlinien für Kinder und Jugendliche empfehlen zwischen 30 und mehr als 60 Minuten moderater bis intensiver körperlicher Aktivität (MVPA) täglich (USDHHS 1996, NIH 1996, Pate et al. 1998, ACSM 2000, Williams et al. 2002, IOM 2002, NHMRC 2003, Corbin et al. 2004). Bislang ist nicht hinreichend untersucht, inwieweit diese Empfehlungen in der stationären juvenilen Adipositas therapie umgesetzt werden. Auch finden Erfahrungen und Neigungen der Zielgruppe nur selten Eingang in die Planung von Sport- und Bewegungsprogrammen. Die aus Sicht von Patienten und Kostenträgern notwendige Erfassung der Prozessqualität (Huber 2004, Jaeschke 2005) erfordert daher objektive Informationen über Energiemehrumsatz, relative Intensität und Dauer trainingswirksamer Phasen der Bewegungsintervention. Weiterhin erscheint die Identifikation von Sportarten und Bewegungsangeboten mit einem günstigen Beanspruchungsprofil in Verbindung mit Erhebungen individueller Präferenzen adipöser Kinder und Jugendlicher für die Entwicklung effektiverer Bewegungsprogramme notwendig.

Angesichts der skizzierten theoretischen Hintergründe und des evidenten Forschungsdefizits sieht die vorliegende Querschnittsstudie die objektive Erhebung von Belastungskenngrößen bei adipösen Kindern und Jugendlichen in der stationären Bewegungstherapie und deren Gegenüberstellung mit aktuellen Empfehlungen vor. Zudem sollen die Beanspruchungsprofile typischer Bewegungsangebote der pädiatrischen Adipositas therapie verglichen und die individuellen Neigungen der Zielgruppe erfragt werden.

Im folgenden Kapitel 2 werden der bisherige Forschungsstand zu Epidemiologie, Ätiologie und Folgen juveniler Adipositas zusammengefasst sowie die Wirksamkeit aktueller therapeutischer Verfahren beleuchtet. Nachfolgend richtet sich der Fokus auf die Sport- und Bewegungstherapie, wobei zuerst zentrale Aspekte der Qualitätssicherung dargestellt werden (2.3). Dem schließt sich eine kritische Untersuchung der Evidenz für aktuelle Empfehlungen zur Mindestdosis körperlicher Aktivität von Kindern und Jugendlichen an, gefolgt von einer Analyse der Bedeutung juvenilen Bewegungsverhaltens für die adipositasassoziierte Morbidität und Mortalität im Erwachsenenalter (2.4). Das folgende Teilkapitel stellt den Erkenntnisstand zum Energieumsatz unterschiedlicher Bewegungsangebote in der pädiatrischen Adipositas therapie dar und geht der Frage nach, inwieweit gängige bewegungstherapeutische Interventionen aktuellen Empfehlungen gerecht

werden. Eine Übersicht über Methoden zur Erfassung körperlicher Aktivität bei adipösen Heranwachsenden schließt das Kapitel ab (2.6).

Bezug nehmend auf eine zusammenfassende Betrachtung der sich ableitenden Forschungsdefizite werden in Kapitel 3 Zielstellungen und Hypothesen der vorliegenden Arbeit formuliert. Der methodische Teil (Kapitel 4) beschreibt Untersuchungsdesign, Personen- und Merkmalsstichprobe sowie den Ablauf der Erhebungen. Kapitel 5 zeigt die Untersuchungsergebnisse, welche in Kapitel 6 hypothesengeleitet und unter Einbeziehung relevanter Studien ausführlich diskutiert werden. Eine abschließende Synthese fasst die Resultate sowie deren Implikationen für die Gestaltung zukünftiger Therapieprogramme zusammen und benennt ableitbare Forschungsperspektiven (Kapitel 7).

2 Problemstellung und Forschungsstand

Wenn es eine chronische Kinderkrankheit gäbe, die mit deutlich steigender Prävalenz bis zu 8% der Kinder beträfe – ohne allgemein anerkannte Behandlungsrichtlinien, mit einer hohen Rückfallquote und mit signifikant erhöhter Morbidität und Mortalität im Erwachsenenalter – dann könnte man erwarten, dass der Gesundheitssektor bei seiner Suche nach wirksamen Behandlungs- und Präventionsstrategien ohne Vorbehalte und mit größter Energie aus allen gesellschaftlichen Bereichen größtmögliche Unterstützung erfährt (Steinbeck 2001). Die chronische Kinderkrankheit – Adipositas – existiert tatsächlich. Jedoch sind die gesellschaftlichen Anstrengungen zur Bekämpfung dieser Krankheit möglicherweise unzureichend. Langfristig zeigt die Therapie nur selten die gewünschten Wirkungen, ausgewiesene Experten sprechen sogar von Therapieresistenz der Adipositas (Wabitsch 2006).

2.1 Adipositas bei Kindern und Jugendlichen – Prävalenz, Ätiologie und Folgen

Übergewicht und Adipositas, die „globale Epidemie des 21. Jahrhunderts“ (WHO 2000), stellen bei Erwachsenen wie bei Heranwachsenden ein Gesundheitsproblem mit rapide wachsendem Ausmaß dar (Ogden et al. 2002, Jolliffe 2004, Hedley et al. 2004). Die USA verzeichneten zwischen 1990 und 2000 einen Anstieg der auf falsche Ernährung und Bewegungsmangel zurückzuführenden Todesfälle von 300.000 auf 365.000 pro Jahr (McGinnis und Foege 1993, Mokdad et al. 2004). Mit Übergewicht assoziierte Zivilisationskrankheiten stehen somit im Begriff, Rauchen als Todesursache Nummer 1 abzulösen (Mokdad et al. 2004). Jeder zweite Erwachsene in Deutschland ist übergewichtig und jeder Fünfte adipös (Wirth 2000). Die Bundesrepublik Deutschland gehört im internationalen Vergleich zu den Ländern mit einer hohen Prävalenz der Adipositas (Döring et al. 2005). Neben einem individuellen Verlust an Lebensqualität ergeben sich bei konservativ geschätzten Kosten in Höhe von 15,4 Mrd. Euro pro Jahr erhebliche gesundheitsökonomische Belastungen durch die Adipositas und deren Folgeerkrankungen (Wirth 2003).

Epidemiologische Untersuchungen zu Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland sind regional begrenzt (Kromeyer-Hauschild 2000, Wechsler 2003, Wabitsch und Kunze 2004). Zudem divergieren die Angaben zur Prävalenz im Kindes- und Jugendalter in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Definition stark (Chinn 2006). Übereinstimmend mit der internationalen Entwicklung (vgl. Diagramm 1) ist jedoch in den letzten 20 Jahren ein deutlicher Anstieg sowohl der Prävalenz als auch des Ausmaßes von Übergewicht und Adipositas zu verzeichnen (Wabitsch 2006).

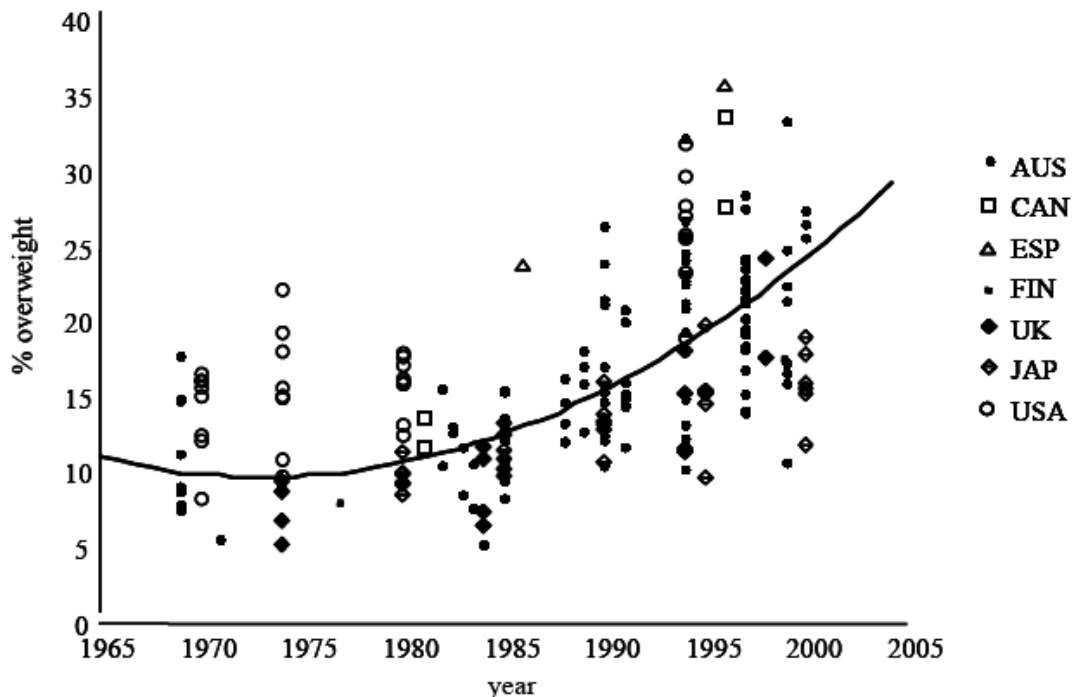


Diagramm 1: Zusammenfassung von 209 Studien zur langfristigen Entwicklung der Prävalenz von Übergewicht bei 6-18jährigen Kindern in sieben Ländern, basierend auf den internationalen BMI Cut-Offs von Cole et al. 2000 (AUS: Australien; CAN: Kanada; ESP: Spanien; FIN: Finnland; UK: Großbritannien; JAP: Japan) (Ridley 2005).

Aktuell gelten 10-18% aller deutschen Heranwachsenden als übergewichtig, 4-8% als adipös (Wabitsch 2006). Deutschland liegt damit im internationalen Vergleich im Mittelfeld (Janssen et al. 2005).

Die primäre Adipositas, die im Gegensatz zur sekundären Form nicht Folge einer physiologischen Erkrankung ist, wird in ihrer Entstehung auf eine über einen längeren Zeitraum bestehende positive Energiebilanz zurückgeführt. Adipositas ist kein einheitliches, sondern ein heterogenes Störungsbild mit multifaktorieller Genese (Wirth 2000, Ebbeling et al. 2002, Haslam und James 2005). Die Varianz quantitativer Verhaltensweisen mit Einfluss auf das Körpergewicht (Ernährungs- und Bewegungsverhalten) scheint zu rund 50% genetisch determiniert (Wabitsch et al. 2002). Die Rolle des Genotyps bei der Entstehung der Adipositas wird durch nichtgenetische Faktoren erheblich abgeschwächt oder verstärkt (Speakman 2004): "Put graphically, a child's genetic make-up 'loads the gun' while their environment 'pulls the trigger' " (Bray 2002). Intrauterin und postnatal wirksame hormonelle und nutritive Faktoren beeinflussen physiologische und metabolische Regelsysteme (Hales und Barker 2001, Haslam und James 2005). Der rezente Anstieg der juvenilen Adipositas lässt sich zudem auf veränderte Lebensbedingungen im Sinne einer adipogenen Umwelt zurückführen (Ebbeling et al. 2002, Lobstein et al. 2004, Haslam und James 2005, Wabitsch 2006).

Kritische Zeitpunkte für die Entwicklung der Adipositas sind die fetale Phase, das Vorschulalter und die Pubertät (Ebbeling et al. 2002, Wabitsch 2006). Als Risikofaktoren für das Entstehen der Adipositas bei Kindern gelten ein niedriges Geburtsgewicht (Hales und Barker 2001), adipöse oder übergewichtige Eltern (Whitaker et al. 1997, Langnase et al. 2002), ein inaktiver Lebensstil (WHO 2003, Lobstein et al. 2004), urbane Umgebung, die ethnische Zugehörigkeit (Migrationshintergrund) und ein niedriger sozialer Status (Langnase et al. 2002, Lawlor et al. 2005). Eine direkte Beziehung zwischen einer erhöhten Energie- und Fettaufnahme und der juvenilen Adipositasprävalenz ist bisher nicht zweifelsfrei nachgewiesen (Zubärgel et al. 2003). Für eine ausführliche Darstellung zu Risikofaktoren und Ätiologie der juvenilen Adipositas in Deutschland sei auf Wabitsch (2005) verwiesen. Den aktuellen Wissensstand zur Interaktion von Genen und Umweltbedingungen fasst *Speakman* (2005) zusammen.

Übergewicht bei Kindern und Jugendlichen geht oft in Adipositas über und bleibt mit Persistenzraten von ca. 50%-70% bis in das Erwachsenenalter bestehen. Prävention wird daher häufig als beste Therapie bezeichnet (Laessle et al. 2001). Mit zunehmender Fortdauer wächst bei bestehender Adipositas das Entstehungsrisiko adipositasassoziierter Risikofaktoren und Folgeerkrankungen wie des metabolischen Syndroms (Wirth 2000, Carroll und Dudfield 2004). Zudem besteht bei manifester Adipositas im Kindesalter später ein höheres Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko als bei einem erstmaligen Auftreten im Erwachsenenalter (Whitaker et al. 1997, Vanhala et al. 1999, WHO 2000, Laessle et al. 2001). Zur Vermeidung einer Manifestierung ist deshalb eine möglichst frühzeitige Behandlung anzustreben (Ellrott und Pudel 1998, Wabitsch 2006).

Bei adipösen Erwachsenen ist eine deutlich erhöhte Inzidenz von Krankheiten des kardiovaskulären Systems wie Hypertonie, koronare Herzkrankheiten, Herzinsuffizienz oder venöse Insuffizienz gut belegt (Buemann und Tremblay 1996, Wirth 2000). Etwa 80% aller Typ II-Diabetiker sind adipös, Fettstoffwechselstörungen (Dyslipidämien) treten bei fast jedem abdominalen Adipösen auf (Buemann und Tremblay 1996, Stefanick 1999, Wirth 2000, Bonora 2000). Studien aus den USA (Freedman et al. 1999) und Europa (Reinehr et al. 2005) deuten mittlerweile auch bei Adoleszenten auf Zusammenhänge zwischen Übergewicht und dem Auftreten von Biomarkern für ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko hin. Wesentlich häufiger als unter meist erst Jahrzehnte verzögert auftretenden physiologischen Komplikationen, leiden adipöse Kinder bereits frühzeitig unter starken psychosozialen Belastungen (Dietz 1998, Britz et al. 2000). Sie finden sich häufig sozialen Vorurteilen und Ablehnung ausgesetzt und werden von ihrer Umwelt in einem hohen Maß für ihren Zustand verantwortlich gemacht (Warschburger et al. 1999), was zur Entstehung oder Verstärkung von psychischen Problemen führen kann (Haslbeck 1998, Britz et al. 2000). Die gesundheitsbezogene Lebensqualität (*health-related quality of life*, HRQoL) erfasst multi-

dimensionale funktionelle Auswirkungen einer Krankheit unter Berücksichtigung sozialer, emotionaler und mentaler Effekte sowie des körperlichen Wohlbefindens (Maciejewski et al. 2005). Schwimmer et al. (2003) vergleichen die gesundheitsbezogene Lebensqualität extrem adipöser Adoleszenter und Erwachsener mit der von Krebspatienten. Für einen ausführlichen Überblick über Komorbiditäten der Adipositas bei Kindern und Jugendlichen werden die von verschiedenen Autoren erstellten Teilkapitel in der Sektion „Komorbidität“ in Wabitsch (2005) empfohlen.

2.2 Therapie der juvenilen Adipositas

Bei Kindern und Jugendlichen wird in Deutschland eine Indikation zur Behandlung ab dem 97. Perzentil des Body Mass Index (BMI) oder beim Vorliegen von Risikofaktoren ab dem 90. Perzentil gesehen (Wabitsch und Kunze 2004). Diesen Kriterien wird prädiktiver Wert im Hinblick auf das Risiko von Folgeerkrankungen zu einem späteren Zeitpunkt zugeschrieben. Das Risiko steigt mit zunehmendem BMI weiter an (Wabitsch und Kunze 2004). Eine Intervention muss gemäß Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter (AGA) in Anlehnung an die Empfehlungen der *European Childhood Obesity Group* (ECOG) unter dem Dach der *International Obesity Task Force* (IOTF) sowohl die unterschiedlichen Aspekte der multifaktoriellen Genese als auch eine Vielzahl möglicher Folgebelastungen berücksichtigen (Wabitsch und Kunze 2004). Entsprechende Programme sollten ganzheitlich und multimodal angelegt sein und ruhen im Wesentlichen auf den drei Säulen körperliche Aktivität, Diät und Verhaltenstraining unter Einbindung des Umfelds.

Nachfolgend werden einzelne Therapiebausteine kurz dargestellt. Für einen Überblick über konventionelle Interventionsstrategien sei auf die Publikation der Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter (AGA) (Wabitsch und Kunze 2004) verwiesen. Ausführliche Informationen zur praktischen Umsetzung bietet das Manual zum Schulungskonzept der Konsensusgruppe Adipositasschulung (KgAS) für Kinder und Jugendliche (AGA 2004).

2.2.1 Reduktion der Energiezufuhr

Bei einem erwachsenen Individuum mit einem Körpergewicht von 90 kg kann durch eine Reduktion der Energiezufuhr um 500-1000 Kcal*Tag⁻¹ innerhalb von 3-6 Monaten ein Gewichtsverlust von ca. 10 kg initiiert werden (Wing et al. 1996, Dunn et al. 2006). Obwohl initial erfolgreicher, führt eine höhere kalorische Restriktion mittelfristig nicht zu einem besseren Therapieergebnis (Wadden et al. 2004). Es erscheint wahrscheinlich, dass eine zusätzliche Reduktion des Fettanteils auf unter 30% der Gesamtenergiezufuhr das Ausmaß der Gewichtsreduktion erhöht und eine günstige Veränderung von Blutfettwerten einleiten

kann (Krauss et al. 2000). Für spezifische Empfehlungen hinsichtlich der optimalen Zusammenstellung von Makro- und Mikronährstoffen für die Gewichtsreduktion fehlt die Evidenz in Form randomisierter und kontrollierter Studien (NHI und NHLBI 1998, Jakicic et al. 2001).

Nach den Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter (AGA) ist eine gut verständliche, leicht umsetzbare und an der Zielgruppe orientierte allgemeine Ernährungsempfehlung mit optimierter Mischkost gemäß Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE 1994) ausreichend, und ein individueller Ernährungsplan in der Regel nicht notwendig (Wabitsch und Kunze 2004, Reinehr 2005).

2.2.2 Steigerung körperlicher Aktivität und Reduktion von Inaktivität

Körperlicher Aktivität und Bewegung werden bei Adipösen über eine Steigerung des Energieumsatzes hinaus umfangreiche gesundheitsrelevante Effekte auf metabolischer, kardiorespiratorischer und psychologischer Ebene zugeschrieben. Ein hohes Maß von Inaktivität wird unabhängig von Umfang und Intensität körperlicher Aktivität als separater Risikofaktor betrachtet. Die ergänzende Reduktion sedentärer Phasen kann den Therapieerfolg gegenüber einer solitären Steigerung körperlicher Aktivität weiter verbessern (Dietz 1996, Ritchie et al. 2005, Wabitsch 2006, Must und Tybor 2005, Livingstone et al. 2003b). Die präventive und rehabilitative Bewegungstherapie verfolgt Ziele wie eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit, die Reduktion von kardialen und mit dem metabolischen Syndrom assoziierten Risikofaktoren, die Vermittlung von Erfolgserlebnissen und Selbstwirksamkeit und eine Verbesserung des allgemeinen Wohlbefindens und der Körperwahrnehmung (Koinzer 1997, NHI und NHLBI 1998, Jakicic et al. 2001, Laessle et al. 2001, Wabitsch und Kunze 2004). Die Inhalte sollten der Entwicklungsstufe der Zielgruppe gerecht werden, Spaß bereiten und vielseitig sein (Bar-Or 1995, Roberts 2000, AAP 2001, Strong et al. 2005).

Bei Erwachsenen gilt die günstige Wirkung moderater körperlicher Aktivität auf eine Vielzahl von Risikoparametern, den allgemeinen Gesundheitszustand sowie kardiale Morbidität und Mortalität seit längerer Zeit als nachgewiesen (Diagramm 2).

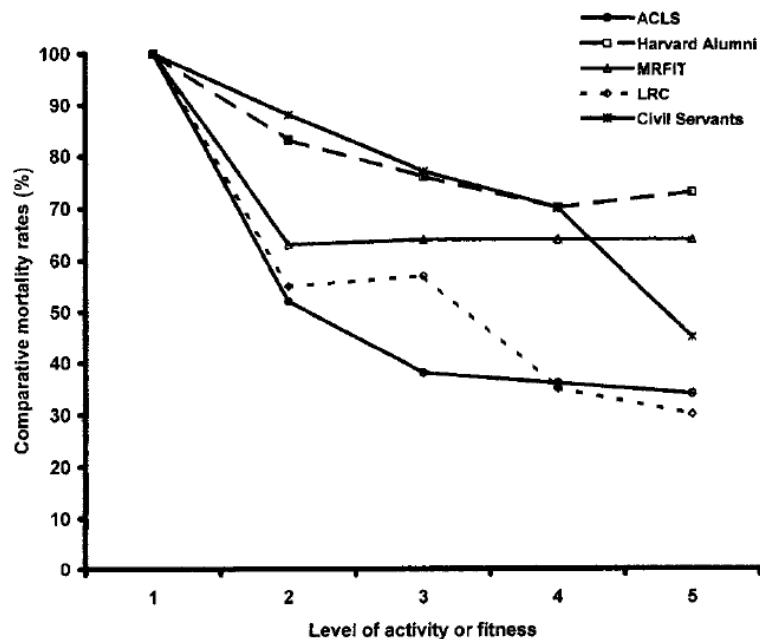


Diagramm 2: Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität (Selbstbericht) [Harvard Alumnus Health Study (Harvard Alumni), Multiple Risk Factor Intervention Trial (MRFIT), and British Civil Servants Health Study (Civil Servants)] oder kardiorespiratorischer Kapazität [Aerobics Center Longitudinal Study (ACLS) and Lipid Research Clinics Mortality Follow-up Study (LRC)] und kardiovaskulärer Mortalität in 5 großen prospektiven Studien (Pate et al. 1995, Blair et al. 2004).

Körperliche Aktivität kann ein kalorisches Defizit erzeugen und zu Gewichtsverlust führen. Ohne begleitende Diät trägt körperliche Aktivität aber nur zu einer geringen Reduktion des BMI bei (Dunn et al. 2006). Der bewegungsinduzierte Gewichtsverlust liegt im Mittel bei Männern höher als bei Frauen (Wood et al. 1991), aber es gibt auch Anzeichen, dass unabhängig vom Geschlecht Responder und Non-Responder existieren (Bouchard et al. 1994). Sport und Bewegung spielen vor allem für die langfristige Sicherung des Therapieerfolgs eine entscheidende Rolle (Pronk und Wing 1994, Miller et al. 1997). Vermehrte körperliche Aktivität bei übergewichtigen oder adipösen Erwachsenen führt unabhängig von einem möglichen Gewichtsverlust zu einem Anstieg der kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit (Katzel et al. 1995, King et al. 1995, Gordon et al. 1997, Stefanick et al. 1998, Jakicic et al. 1999). Eine hohe kardiorespiratorische Kapazität kann Stimmung, Selbstvertrauen und körperliche Funktion bei Alltagsaktivitäten beeinflussen und trägt damit zur Lebensqualität Übergewichtiger bei (Sweeney et al. 1993). Eine geringe kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit ist ein unabhängiger Prädiktor für eine erhöhte Mortalität (Kohl et al. 1992, Barlow et al. 1995, Blair et al. 1996, Farrell et al. 1998, Wei et al. 1999, Farrell et al. 2002, Oguma et al. 2002, Church et al. 2004), und eine Zunahme des körperlichen Aktivitätsniveaus verringert die kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität sowie die Inzidenz von Diabetes (Paffenbarger et al. 1993, Blair et al. 1996, Fang et al. 2003). Kriterien für die Überprüfung der Therapiequalität bei adipösen Erwachsenen sind daher

vermehrte körperliche Aktivität und eine erhöhte kardiopulmonale Leistungsfähigkeit als Surrogat für ein vermindertes kardiovaskuläres Risiko.

Eine Verbesserung der kardiovaskulären Fitness nach Ausdauertraining ist bei normal- und übergewichtigen Kindern und Jugendlichen nachweisbar (Payne und Morrow 1993, Epstein und Goldfield 1999, Carrell et al. 2005, Watts et al. 2005). Der Nachweis für die Wirkung körperlicher Aktivität zur Gewichtsreduktion und zur Verringerung der Morbidität ist aber aus verschiedenen Gründen ungleich schwerer als bei Erwachsenen zu erbringen. Zwar sieht ein Expertenpanel aus Wissenschaftlern und Vertretern von Gesundheitsorganisationen in einer Übersichtsarbeit (Strong et al. 2005) Evidenz für grundsätzlich positive Effekte körperlicher Aktivität auf verschiedene Surrogatparameter der kardiovaskulären Gesundheit, des metabolischen Syndroms und der Adipositas bei bereits übergewichtigen Heranwachsenden, sowie auf den Blutdruck bei bestehender leichter Hypertonie (Bar-Or und Baranowski 1994, Morrow und Freedson 1994, Armstrong und Simons-Morton 1994, Riddoch und Boreham 1995, Riddoch 1998, Alpert 1999, NHMRC 2003, Watts et al. 2005). Ausreichende Evidenz gibt es auch für eine Verbesserung von Fettstoffwechselfparametern und des Blutdruckverhaltens sowie weiterer kardiovaskulär relevanter Variablen bei normalgewichtigen Adoleszenten. Ein Einfluss körperlicher Aktivität auf Morbidität und Mortalität ist jedoch nicht belegt (Twisk 2001, Summerbell et al. 2003, Summerbell et al. 2005, Strong et al. 2005).

Sport wird eine wichtige Rolle bei der psychosozialen Entwicklung sowie zur Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zugeschrieben (Wabitsch und Kunze 2004). Jedoch ist die Datenlage zur Wirkung von Bewegung im Bereich der mentalen Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen unbefriedigend (Strong et al. 2005, Ekeland et al. 2005). Einige wenige quasi-experimentelle Studien zeigen einen positiven Einfluss solitärer körperlicher Aktivität auf Angstgefühle und Symptome von Depressionen bei normalgewichtigen Heranwachsenden (Norris et al. 1992, Motl et al. 2004) sowie als Teil einer Komplextherapie auf verschiedene Variablen des Körper- und Selbstkonzepts bei übergewichtigen Kindern und Jugendlichen (Braet et al. 2003). Die Nachhaltigkeit dieser Effekte ist nicht untersucht (Ekeland et al. 2005).

2.2.3 Verhaltensmodifikation

Essen und spontane körperliche Aktivität stellen Verhaltensmuster dar. Es gibt Hinweise auf die günstige Wirkung von Techniken der Verhaltensmodifikation auf die langfristige Gewichtsreduktion bzw. -stabilisierung bei Erwachsenen (Jeffery et al. 2000, Westenhöfer 2001). Inhalte sind dabei unter anderem Techniken zur Selbstbeobachtung, das Einüben eines flexibel kontrollierten Essverhaltens, das Erlernen von Stimuluskontrolle, der Einsatz

von Verstärkungsmechanismen und die Rückfallprophylaxe (Wabitsch und Kunze 2004, Reinehr 2005). Einige Autoren gehen davon aus, dass aufgrund der Entwicklungssituation bei Kindern und Jugendlichen eine Veränderung von Einstellungen und Verhaltensweisen leichter möglich ist als bei Erwachsenen (Wabitsch und Kunze 2004). Erste Studien zeigen, dass Techniken der Verhaltenstherapie in Verbindung mit ausreichender Betreuung zumindest kurzfristig auch bei Kindern und Jugendlichen in einer stärkeren BMI-Reduktion resultieren (Saelens et al. 2002).

2.2.4 Einbindung des sozialen Umfelds

Die Einbindung von Personen des engeren sozialen Umfeldes des Patienten ist integraler Bestandteil der juvenilen Adipositas therapie, obgleich entsprechende Strategien nur ansatzweise evidenzbasiert sind (Epstein et al. 1994, Ritchie et al. 2005). Die Eltern bzw. Bezugspersonen sollten zur altersgemäßen Unterstützung und Begleitung einer dauerhaften Veränderung des Ess- und Bewegungsverhaltens motiviert und befähigt werden, da eine alleinige Schulung des Kindes dessen Handlungskompetenz überfordert, wenn es sich gegen die Gewohnheiten der Familie durchsetzen soll (Epstein et al. 1994). Wichtige Aspekte sind dabei allgemein positive Erziehungsstrategien und emotionale Unterstützung, sowie speziell eine Begrenzung des Fernsehkonsums und gemeinsame Mahlzeiten (Wabitsch und Kunze 2004, Reinehr 2005). Eltern beeinflussen Einstellungen, Werte und Verhalten ihrer Kinder und üben hinsichtlich ihres Ess- und Bewegungsverhaltens eine Vorbildfunktion aus (Birch und Fisher 1998, Davison et al. 2003).

2.2.5 Medikamentöse und chirurgische Therapie

Zum jetzigen Zeitpunkt fehlen effektive und sichere pharmakologische oder chirurgische Therapieverfahren, die für eine Mehrzahl adipöser Heranwachsender geeignet wären (Pohl et al. 2006). In Deutschland sieht man derartige Maßnahmen erst durch ein erhebliches Gesundheitsrisiko nach dem Scheitern verhaltenstherapeutischer Interventionen und beim gleichzeitigen Auftreten manifester Komorbiditäten indiziert (Wabitsch und Kunze 2004). Den aktuellen Wissensstand zu diesem Thema fassen Pohl et al. (2006) zusammen.

2.2.6 Evidenz für die Wirksamkeit multidisziplinärer Therapieprogramme

Die zunehmend von Kosten- und Entscheidungsträgern geäußerten und vom Gesetzgeber in §§ 135, 137e, 137f und 139 des Sozialgesetzbuch fünftes Buch (SGB V – gesetzliche Krankenversicherung) festgehaltene Forderung des Nachweises des Nutzens von Behandlungsverfahren gilt auch für körperliche Aktivität als therapeutisches Mittel. Zudem ist

nicht zuletzt für Patienten und ihre Angehörigen die Klärung der Effektivität eines Behandlungsverfahrens von größter Bedeutung (Jaeschke 2005).

Zwar existieren einzelne ambulante Therapieprogramme (Reinehr et al. 2003) oder schulbasierte Präventionsprogramme (WHO 2000), die mittelfristig Erfolge zeigen. Unter Einbeziehung des Umfeldes wird dabei in einem breit angelegten Ansatz parallel zur bewegungstherapeutischen und diätischen Intervention eine Verhaltensumstellung angestrebt. Die Überlegenheit dieser multidisziplinären Interventionsprogramme gegenüber isolierten Therapiemaßnahmen gilt als nachgewiesen (Ebbeling et al. 2002, NHMRC 2003, Wabitsch und Kunze 2004, Hauner 2006). Gemessen an Kriterien der evidenzbasierten Medizin (Sackett und Rosenberg 1995, Greenhalgh 2000) ist jedoch bei adipösen Kindern und Jugendlichen die langfristige Wirksamkeit gängiger Konzepte zur Intervention in der Rehabilitation nicht hinreichend gesichert (Glenny et al. 1997, Ebbeling et al. 2002, Böhler et al. 2004, Summerbell et al. 2005, Reinehr 2005, Wabitsch 2006). Es fehlen randomisierte klinische Untersuchungen über die Nachhaltigkeit, aber auch Untersuchungen zur Prozess- und Ergebnisqualität liegen in begrenzter Zahl und ungenügender Studienqualität vor. Nur die wenigsten Therapieprogramme werden über einen ausreichend langen Zeitraum evaluiert (Glenny et al. 1997, Epstein und Goldfield 1999, Ebbeling et al. 2002, Wabitsch und Kunze 2004, Reinehr 2005).

Einen umfassenden Überblick über diese Problematik geben zwei aktuelle Cochrane Reviews zur Prävention (Summerbell et al. 2005) und zur Therapie der Adipositas bei Kindern und Jugendlichen (Summerbell et al. 2003). Summerbell et al. (2003) bewerten in ihrer Übersichtsarbeit 18 kontrollierte randomisierte Studien mit 975 Teilnehmern, welche die Effekte verschiedener Interventionskonzepte untersuchten. Die Mehrzahl der Studien war zu klein und hatte keine ausreichende Power, um signifikante Treatment-Effekte zu ermitteln. Da zudem Studiendesign, Kontrollgruppen und Outcome-Variablen nicht vergleichbar waren, verbot sich die Durchführung einer Meta-Analyse. Die Autoren der Cochrane Reviews kommen auf Basis einer narrativen Synthese verfügbarer Studienergebnisse zu dem Schluss, dass die langfristige Wirksamkeit von Interventionen wie Ernährungsumstellung, Verhaltensänderung, Erhöhung der körperlichen Aktivität und/oder Reduktion von Inaktivität momentan als nicht hinreichend gesichert gelten kann. In Übereinstimmung mit Übersichtsarbeiten, Leitlinien und Empfehlungen (Pate et al. 1998, ACSM 2000, Fulton et al. 2001, Williams et al. 2002, IOM 2002, Saris et al. 2003, NHMRC 2003, Corbin et al. 2004) betonen sie jedoch, dass ausreichende körperliche Aktivität aufgrund der vielfältigen – wenn auch bei Kindern nur teilweise evidenzbasierten – kardiorespiratorischen, metabolischen, muskuloskeletalen und psychosozialen Wirkungen in jedem Fall zu empfehlen ist. Kinder und Jugendliche sollten demzufolge regelmäßig die Möglichkeit zu vielseitiger, freudvoller und altersgerechter Bewegung erhalten und zum Sporttreiben ermutigt werden.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf den Bereich der Sport- und Bewegungstherapie, ohne damit die Bedeutung eines ganzheitlichen Ansatzes in Frage stellen zu wollen.

2.3 Qualitätssicherung in der pädiatrischen Adipositas-Bewegungstherapie

Zwar sind die gesetzlichen Krankenkassen durch das Bundesministerium für Gesundheit und soziale Sicherung mit dem Konsensuspapier im September 2004 aufgefordert worden, ambulante Schulungsprogramme für übergewichtige Kinder unter definierten Voraussetzungen nach § 43 Nr. 1, Abs. 2 SGB V zu finanzieren. Jedoch werden von etwa 1.000.000 adipösen Kindern und Jugendlichen in Deutschland nur etwa 12.000 (1,2%) jährlich ambulant oder stationär behandelt (Reinehr 2006). Dieses geringe Behandlungsangebot ist möglicherweise auch darauf zurückzuführen, dass eine Kostenübernahme für ambulante Therapiemaßnahmen trotz klarer Vorgaben bis jetzt eine Ausnahme darstellt (Sallis et al 2000a, Reinehr 2006). Ohne einen Nachweis der langfristigen Wirksamkeit bestehender Therapiekonzepte ist eine Änderung dieser Situation nicht zu erwarten: "Little progress is likely to be made in overcoming health care provider and institutional barriers until the effectiveness of interventions is clearly demonstrated and cost-effective strategies are developed and tested" (Sallis et al. 2000a, S118).

In den AGA-Leitlinien wird gefordert, die Prozessqualität von Praxen, Ambulanzen und Kliniken im Rahmen eines internen Qualitätsmanagementsystems zu regeln und eine Zertifizierung des Systems anzustreben (Wabitsch und Kunze 2004). Eine wichtige Teilaufgabe im Rahmen dieser Qualitätssicherung ist die Aufstellung der wesentlichen Kernprozesse der ambulanten und stationären Diagnostik und Therapie in Verfahrens- und Arbeitsanleitungen oder Flussdiagrammen (Huber 2004). Dies steht in Deutschland ebenso aus wie eine strukturierte Erfassung und Bewertung unterschiedlicher Therapieangebote (Wabitsch und Kunze 2004). Nur sehr wenige Einrichtungen wenden ein kontrolliertes Therapiekonzept an, führen Qualitätskontrollen durch und können Angaben zum Behandlungserfolg machen (Reinehr et al. 2003).

Eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen in Deutschland angebotenen stationären Therapieprogramme ist momentan nicht gegeben (Wabitsch 2006). Auch international fehlen Studien zu Prozess- und Ergebnisqualität im klinischen Setting: „[...] there are no published studies of nutrition or physical activity interventions for young people in primary care [...]“ (Sallis et al. 2000a, S116). Individuelle Kenngrößen bewegungstherapeutischer Intervention wie Belastungsumfang und -intensität werden, wenn überhaupt dokumentiert, im Gruppenmittel abgeschätzt. Weitgehend ungeklärt ist, inwieweit Sport- und Bewegungstherapie in Abhängigkeit der Beanspruchung unterschiedliche Wirkungen zeigen, und welche Interventionsformen beim meta-analytischen Vergleich der Wirkeffekte am

besten abschneiden: "It is unclear what types, amounts and intensities of exercise may be used safely and effectively to treat childhood obesity" (Sothorn 2001, 997). Der Nachweis von Dosis-Wirkungs-Beziehungen und die evidenzbasierte Wahl geeigneter Therapieprogramme sind daher zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich (Epstein und Goldfield 1999, Sallis et al. 2000a, Twisk 2001, Livingstone et al. 2003b, Wabitsch und Kunze 2004; vgl. Kapitel 2.4).

Gesundheitswirksame und gewichtsreduzierende Effekte körperlicher Aktivität hängen neben dem Belastungsumfang und Belastungsform von der gewählten Intensität ab (Blair und Connelly 1996, Epstein und Goldfield 1999, Twisk 2001, Strong et al. 2005; vgl. Kapitel 6.3.6). Im Rahmen der Sicherung der Prozessqualität sind für ein Modul Bewegungstherapie präzise Verfahrens- und Arbeitsanleitungen zu formulieren, inwiefern diagnostische Ergebnisse in die Therapieplanung Eingang finden, und auf welcher Basis Art, Umfang und Intensität der Therapieinhalte festgelegt werden. Auf Bundesebene bieten die Deutsche Adipositas Gesellschaft, die Deutsche Diabetes Gesellschaft, die Deutsche Gesellschaft für Ernährung und die Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DAG, DDG, DGE und DGEM) (Hauner et al. 2006) in ihrer Leitlinie zur Adipositasstherapie bei Erwachsenen entsprechende Vorgaben, betonen aber auch, dass unklar ist, wie Dichte, Dauer und Intensität der Belastung zur Gewichtsreduktion optimal zu gestalten sind (vgl. Kapitel 2.4.1).

Die AGA hat Leitlinien nach Kriterien der Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) vorgelegt, die sich nach den Empfehlungen der European Childhood Obesity Group (ECOG) richten. Unter anderem werden dort spezifische Anforderungen an den Schulungsbereich „körperliche Aktivität und Sport“ definiert. Durch die Vermittlung von sportartspezifischen Fertigkeiten und Techniken mittels Bewegungsangeboten in Übungs- und Spielform mit hohem Aufforderungscharakter ist primär eine Lebensstiländerung in Richtung einer Steigerung der körperlichen Aktivität anzustreben. Im Einzelnen wird betont, dass die Kinder befähigt werden sollen, Techniken zur selbständigen Belastungskontrolle und -steuerung zu erlernen und anzuwenden. Es werden jedoch keine konkreten Kriterien und Zielgrößen, wie beispielsweise Umfang und Intensität körperlicher Aktivität, genannt (Wabitsch und Kunze 2004).

In der klinischen Praxis wird häufig der zeitliche Umfang eines Bewegungsprogramms mit körperlicher Aktivität von einer definierten Intensität gleichgesetzt (Reinehr 2005). Zwar erscheint es ökonomisch und für größere Stichproben praktikabel, die Therapiequalität anhand der im Therapieplan aufgeführten Inhalte zu bewerten. Insbesondere bei Angeboten ohne festgelegtes Belastungsprofil, wie beispielsweise Sportspielen, ist jedoch mit großen Zwischenpersonenunterschieden hinsichtlich Motivation und Bereitschaft zur Teilnahme und infolgedessen auch einer erheblichen Varianz der Belastungsintensität zu rechnen. Vor diesem Hintergrund erlaubt die alleinige Charakterisierung von Therapieprogrammen anhand

des (geplanten) Umfangs verschiedener Bewegungsangebote keine präzise Einschätzung der Beanspruchung auf individueller Ebene (Goran 1998, Welk et al. 2000, Sirard und Pate 2001, Ainslie et al. 2003, Vanhees et al. 2005). Vielmehr ist eine detaillierte und auf objektiven Daten beruhende Dokumentation der bewegungstherapeutischen Prozessqualität zu fordern (Reinehr 2005). Bevor diese Überlegungen weiter vertieft werden, sollen nachfolgend einige für die Belastungssteuerung in der juvenilen Adipositas therapie relevanten Aspekte Erwähnung finden.

2.4 Evidenzbasierung der Belastungsgestaltung unter Berücksichtigung spezifischer Therapieziele

Kinder und Jugendliche bevorzugen abwechslungsreiche Aktivitäten, während klassisches Ausdauertraining nach der Dauermethode meistens als langweilig empfunden wird (Bar-Or 1995, Roberts 2000, AAP 2001, Poulsen und Ziviani 2004, Lawrenz und Lawrenz 2005). Kardiovaskulär protektive Adaptationen und eine Gewichtsreduktion sind am effektivsten durch aerobes Training bei Inanspruchnahme großer Muskelgruppen über einen längeren Zeitraum hinweg zu erzielen (USDHHS 1996, Pate et al. 1996, Pate et al. 1998, ACSM 2000, Jakicic et al. 2001, Williams et al. 2002, IOM 2002, Saris et al. 2003, NHMRC 2003, Blair et al. 2004, Corbin et al. 2004). Ambulante oder stationäre bewegungstherapeutische Programme stellen daher einen Kompromiss dar, der zwischen kurz- und langfristigen Zielsetzungen abwägt. Die Berücksichtigung der speziellen Neigungen und Bedürfnisse der Zielgruppe ist jedoch unabdingbare Voraussetzung für eine nachhaltige Änderung des Bewegungsverhaltens und sollte letztlich im Vordergrund stehen (Bar-Or 1995, Roberts 2000, Wabitsch und Kunze 2004, Lawrenz und Lawrenz 2005, Strong et al. 2005; vgl. auch Kapitel 6.3.6). Gleichzeitig erscheinen neben kardiovaskulärem Training aus sportmedizinischer Sicht und im Hinblick auf typische motorische Defizite adipöser Heranwachsender eine allgemeine Kräftigung und Stabilisation, die Förderung koordinativer Fähigkeiten sowie die Verbesserung der Körperwahrnehmung und des Körperbewusstseins notwendig (Roberts 2000, NHMRC 2003, Corbin et al. 2004, Wabitsch und Kunze 2004).

Bei körperlicher Aktivität erhöhen sich Sauerstoffaufnahme bzw. Energieumsatz mit zunehmender Belastungsintensität. Die absolute Intensität einer Belastung ist anhand des Energieumsatzes pro Zeiteinheit, beispielsweise in $\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ oder in $\text{Kcal} \cdot \text{Woche}^{-1}$, zu beurteilen. Besonders anschaulich lässt sich die Intensität in METs (*Metabolic equivalents*) als Vielfaches des Ruheenergieumsatzes darstellen ($1 \text{ MET} = 3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ VO}_2$ oder ungefähr $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Zur Ermittlung der relativen Belastungsintensität kann unter anderem die aktuell verstoffwechselte O_2 -Menge (VO_2) in Beziehung zur maximalen Sauerstoffaufnahme ($\% \text{VO}_{2\text{max}}$) oder zur Sauerstoffaufnahmereserve ($\% \text{VO}_{2\text{R}}$) herangezogen

werden. Aufgrund der besseren Vergleichbarkeit mit herzfrequenzbasierten Parametern der Intensität (%HRR, *heart rate reserve*) und der größeren Präzision in Bereichen niedriger Intensität wird mittlerweile vom American College of Sports Medicine (ACSM) empfohlen, die individuelle Belastungsintensität relativ zur Sauerstoffaufnahmereserve (VO_{2R}) und nicht mehr zur maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) anzugeben (Pollock et al. 1998). Tabelle 1 zeigt eine anhand einzelner Empfehlungen zusammengefasste Einteilung der Intensität körperlicher Belastung bei Kindern und Jugendlichen. Die Klassifikation entspricht mit Ausnahme der MET-Angaben den Vorgaben für Erwachsene.

Intensität	% VO_{2R} oder %HRR	METs	RPE (Borg-Skala)
Sehr leicht	<20	< 5	<10
Leicht	20-39		10-11
Moderat	40-59	5-8	12-13
Hart	60-84	> 8	14-16
Sehr hart	>84		17-19

Tabelle 1: Klassifikation der Intensität körperlicher Belastung bei Kindern und Jugendlichen (modifiziert nach ACSM 2000, Pollock et al. 1998, Pate et al. 1995, Pate et al. 1998). VO_{2R} : Sauerstoffaufnahmereserve; HRR: Herzfrequenzreserve; MET: metabolic equivalents; RPE: rating of perceived exertion

Die Angaben internationaler Leitlinien oder Expertenpanels zum Umfang körperlicher Aktivität bei Kindern und Jugendlichen divergieren und empfehlen, teils angelehnt an Richtlinien Erwachsener, zwischen 30 und mehr als 60 Minuten moderate bis intensive Aktivität pro Tag (USDHHS 1996, NIH 1996, Pate et al. 1998, ACSM 2000, Williams et al. 2002, IOM 2002, NHMRC 2003, Corbin et al. 2004). Eine entsprechende Übersicht dazu zeigt Tabelle 7 in Kapitel 6.2. Es liegt nahe, dass zur Prävention der Adipositas andere Umfänge und Intensitäten notwendig sind als zu ihrer Therapie, und dass Gewichtsreduktion und Gewichtserhaltung jeweils spezifische Therapiemaßnahmen erfordern (Saris et al. 2003, Hills und Byrne 2004). Zudem weisen Kinder andere Bedürfnisse und ein von Jugendlichen abweichendes Bewegungsverhalten auf (Bar-Or 1995, Poulsen und Ziviani 2004, Riddoch et al. 2004). Trotzdem differenziert eine Mehrzahl von Empfehlungen nicht nach Zielgruppen und Therapiezielen. Einen guten Überblick und eine kritische Diskussion dieser Empfehlungen bieten Fulton et al. 2004 (vgl. auch Kapitel 6.2).

Die Wirksamkeit kontinuierlicher körperlicher Aktivität ohne Unterbrechungen scheint sich kurz- und mittelfristig bei Erwachsenen nicht wesentlich von den Effekten fraktionierter, über den Tag akkumulierter Bewegungsphasen zu unterscheiden (Jakicic et al. 1999, Blair et al. 2004, Jakicic et al. 1995, Donnelly et al. 2000, DeBusk et al. 1990). In den Alltag integrierte moderate körperliche Aktivität jeglicher Art (Lifestyle physical activity) greift diese Erkenntnis

auf (Andersen et al. 1999, Dunn et al. 1999). Das Konzept von "Lifestyle physical activity" kommt dem natürlichen Bewegungsverhalten von Kindern nahe (Armstrong et al. 1990, Epstein et al. 1994, Bailey et al. 1995, Epstein et al. 1999, Riddoch et al. 2004) und verspricht daher langfristig eine höhere Adhärenz bzw. einen höheren Gewichtsverlust, wie zwei Studien an Kindern nachweisen konnten (Epstein et al. 1982, Epstein et al. 1985a). Für eine ausführliche Diskussion der gesundheitsbezogenen Outcomes kontinuierlicher versus fraktionierter Belastungsphasen bei Erwachsenen sei auf Hardmann (2001) verwiesen.

Eine Mehrzahl von Empfehlungen zum gesundheitsorientierten Ausdauertraining geht davon aus, dass körperliche Aktivität einer gewissen Intensität bedarf, um einen kardiovaskulär wirksamen Trainingsreiz zu induzieren (ACSM 2000, Pollock et al. 1998, Twisk 2001). Die historische Entwicklung entsprechender Leitlinien zeigt, dass erst in den letzten Jahren die Bedeutung auch weniger intensiver Belastungen für den Gesundheitsstatus erkannt wurde (Blair et al. 2004, Blair et al. 1996). Dennoch ist bis heute fast allen Empfehlungen das Konzept einer hinsichtlich Umfang und/oder Intensität als notwendig erachteten Mindestdosis körperlicher Aktivität gemein. Die Festlegung von Belastungskenngrößen und die zugrunde liegende Klassifikation von Intensitäten körperlicher Aktivität erfolgt nach Angaben mehrerer Autoren (Riddoch und Boreham 1995, Stone et al. 1998, Sallis et al. 2000a, NHMRC 2003, Summerbell et al. 2005) bisher bei Kindern und Jugendlichen nicht evidenzbasiert. Vielmehr scheinen die Angaben auf der Anpassung von Empfehlungen für Erwachsene oder die Weiterentwicklung bisheriger Empfehlungen zu beruhen (Blair et al. 2004). In Anlehnung an Twisk (2001) und Malina (2001b) wird daher nachfolgend die Frage der theoretischen und empirischen Fundierung von Empfehlungen kritisch beleuchtet. Zudem werden parallel zum Thema Energieumsatz einige grundlegende Begriffe und Sachverhalte eingeführt.

Bei juveniler Adipositas treten unter anderem drei Primärziele der Bewegungstherapie mit zum Teil interdependenten Wirkeffekten in den Vordergrund (vgl. Kapitel 2.2.2):

1. Verbesserung der Energiebilanz zur Veränderung der Körperzusammensetzung.
2. Reduktion kardiovaskulärer und metabolischer Risikofaktoren sowie Senkung kardiovaskulärer Morbiditäts- und Mortalitätsraten.
3. Verbesserung der körperlichen Fitness.

Unterschiedliche Therapieziele wie eine Gewichtsreduktion, die Verringerung des kardiovaskulären Risikos oder eine Verbesserung der Sauerstoffaufnahme erfordern eine spezifische Belastungsgestaltung unter Berücksichtigung möglicher Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge. Besteht Evidenz für einen Einfluss des Bewegungsverhaltens auf eine dieser Zielvariablen, sollte nach Twisk (2001) der Entwicklung von Leitlinien eine modellhafte Analyse der Form des Zusammenhangs vorausgehen (Diagramm 3).

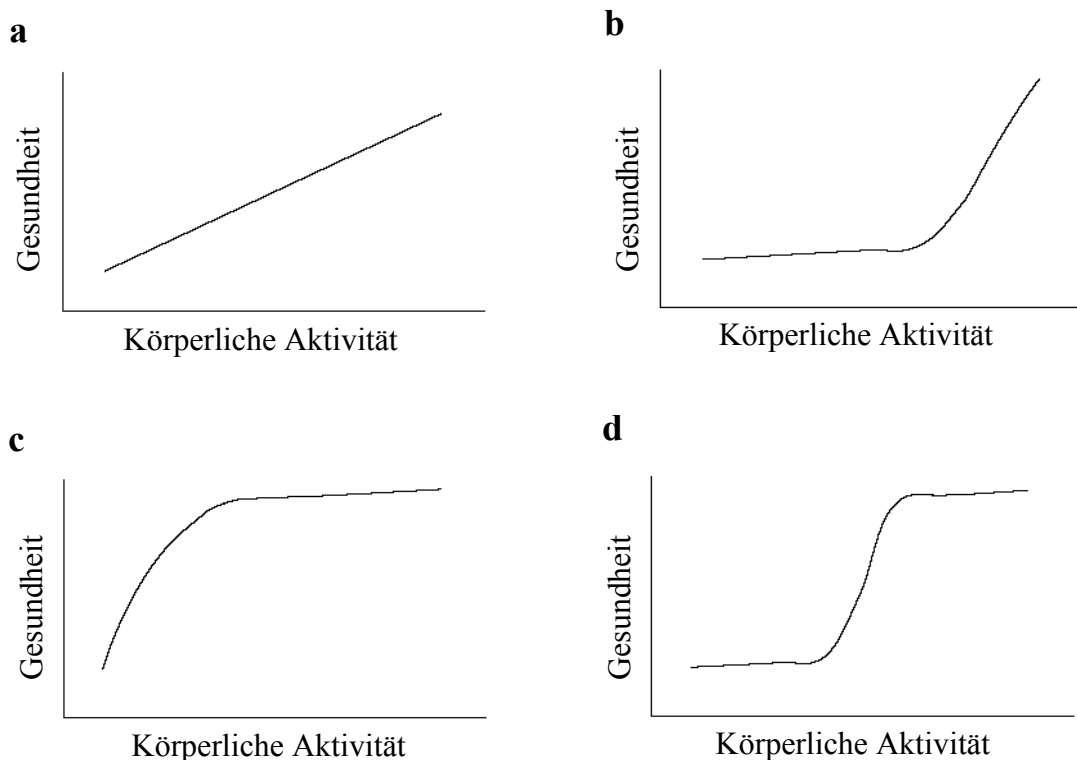


Diagramm 3: Hypothetische Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen körperlicher Aktivität und Gesundheit. (a) lineare Beziehung, (b) quadratische Funktion der Form $y = x^n$ bei $n > 1$, (c) Wurzelfunktion der Form $y = x^n$ bei $n < 1$, (d) S-förmige Kurve (Twisk 2001)

Unter der Annahme einer linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen aktivitätsinduziertem wöchentlichem Energieumsatz und Gesundheitsstatus (Diagramm 3a), wäre bei jeglicher Steigerung der körperlichen Aktivität mit einer entsprechenden Senkung der Morbidität zu rechnen und folglich eine Angabe von definierten Mindest-Schwellenwerten körperlicher Aktivität schwer zu begründen.

Bei Vorliegen eines exponentiellen Zusammenhangs der Form $y = x^n$ (bei $n > 1$) (Diagramm 3b) wären gesundheitswirksame Effekte durch eine Steigerung körperlicher Aktivität vor allem im oberen Aktivitätsbereich zu erwarten. Demzufolge könnten primär körperlich überdurchschnittlich aktive Personen von einer Steigerung ihres Bewegungsumfanges profitieren, während inaktive Personen ihr Bewegungsverhalten zur Induktion gesundheitsprotektiver Effekte erheblich umstellen müssten. Umgekehrt dürften im Falle einer Wurzelfunktion $y = x^n$ (bei $n < 1$) (Diagramm 3c) inaktive Individuen von einer geringen Aktivitätssteigerung eine günstige Wirkung erwarten, anders als durchschnittlich bis überdurchschnittlich aktive Personen. Eine S-förmige Funktion (Diagramm 3d) ließe vorwiegend für durchschnittlich Aktive eine hohe gesundheitliche Effektivität erwarten (Twisk 2001).

Pate et al. (1995) gehen in ihrer Empfehlung für Erwachsene von einer Wurzelfunktion der Form (c) aus: Je niedriger der Ausgangszustand körperlicher Aktivität eines Individuums ist, desto höher ist der gesundheitliche Benefit einer Aktivitätssteigerung um ein definiertes Maß. Inwieweit und für welche Primärziele diese Annahme auch für Kinder und Jugendliche Gültigkeit hat, wird nachfolgend erörtert.

2.4.1 Körperliche Aktivität zur Veränderung der Körperzusammensetzung

Veränderungen des Körpergewichts und der Körperzusammensetzung sind das Ergebnis einer chronisch positiven oder negativen Energiebilanz. Potenzielle Vorteile körperlicher Aktivität zur Veränderung der Körperzusammensetzung beruhen auf einem erhöhten Energieumsatz während und nach der Belastung. Weiterhin werden einer bewegungstherapeutischen Intervention bei entsprechender Gestaltung Wirkungen wie eine stärkere Stimulation der Fettsäuren- im Vergleich zur Kohlenhydratoxidation, die Erhaltung der fettfreien Körpermasse bei therapiebedingt reduzierter Energieaufnahme sowie die Vermeidung einer diätbedingten Reduktion des Energieumsatzes zugesprochen (Stefanick 1993).

Der tägliche Gesamtenergieumsatz eines Kindes (*average daily metabolic rate*, ADMR) setzt sich aus drei interdependenten Komponenten zusammen (Westerterp 2003, Maffei und Schutz 2005, Vermorel et al. 2005):

- Energetischer Grundumsatz (*basal metabolic rate*, BMR): 45-70%
- Postprandiale Thermogenese (Diätinduzierterterter Energieumsatz): 10-12%
- Energieumsatz durch körperliche Aktivität (*activity-induced energy expenditure*, AEE): 15-50%

Hinzu kommt noch die für das Wachstum benötigte Energie mit 2-4% (Maffei und Schutz 2005, Prentice et al. 1988). In westlichen Ländern ist der Beitrag der zur Thermoregulation aufgewendeten Energie zumeist vernachlässigbar gering (Vermorel et al. 2005).

Der Grundumsatz deckt alle zum Leben notwendigen energetischen Prozesse ab und wird wesentlich von der fettfreien Körpermasse eines Individuums bestimmt ($R^2=0,65-0,80$; Goran et al. 1994, Schofield 1985). Weiterhin beeinflussen Alter, Ernährungszustand, Schilddrüsenfunktion und Eiweißstoffwechsel die metabolische Aktivität in Ruhe (Vermorel et al. 2005, Maffei und Schutz 2005). Obwohl metabolisch nur wenig aktiv, leistet Fettmasse bei adipösen Kindern aufgrund des deutlich erhöhten Anteils am Gesamtgewicht einen nicht unwesentlichen Beitrag zum Grundumsatz. Nach Schofield (2005) weisen männliche und weibliche adipöse Heranwachsende (10-18 Jahre, BMI 30 kg/m²) im Mittel einen absoluten Grundumsatz von 8,2 respektive 6,6 MJ*Tag⁻¹ auf, mehr als Normalgewichtige (BMI 19

kg/m²) gleichen Alters (6,5 bzw. 5,7 MJ*Tag⁻¹). Berücksichtigt man die differierende Körperzusammensetzung, lassen sich nur noch geringe Unterschiede nachweisen, was darauf hindeutet, dass die Organfunktion adipöser Kinder und Jugendlicher sich nicht grundsätzlich von Normalgewichtigen unterscheidet (Vermorel et al. 2005). Studien, die der Frage nachgehen, ob Krafttraining bei Erwachsenen über eine die Zunahme der Muskelmasse den Grundumsatz erhöht, kommen zu uneinheitlichen Ergebnissen (Stiegler und Cunliffe 2006). Die wenigen Untersuchungen mit adipösen Kindern und Jugendlichen konnten keinen erhöhten Grundumsatz ermitteln (Treuth et al. 1998b, Lazzer et al. 2004). In orthopädischer Hinsicht, zur Verbesserung des Kraftniveaus und zur moderaten Steigerung des Energieumsatzes während der Belastung sind Kräftigungsprogramme jedoch insbesondere bei adipösen Jugendlichen sinnvoll und notwendig.

Die aktivitätsinduzierte Thermogenese (AEE), d.h. der durch Muskelkontraktionen zur Einnahme bestimmter Körperhaltungen und bei der Durchführung von Bewegungen induzierte Energieumsatz, wird in erheblichem Maße durch Verhalten beeinflusst und zeigt eine große interindividuelle Variabilität (Westerterp 2003, Vermorel et al. 2005). Dabei bestimmt die Interaktion von Art, Intensität, Umfang und Häufigkeit körperlicher Aktivität die Höhe des AEE. Unter Alltagsbedingungen hat körperliche Aktivität geringer oder mittlerer Intensität aufgrund des größeren zeitlichen Umfangs im Regelfall einen stärkeren Einfluss auf den Gesamtenergieumsatz als körperliche Aktivität hoher Intensität (Maffei und Schutz 2005). Für Aktivitäten, bei denen das Gewicht des eigenen Körpers bewegt werden muss, steigen die energetischen Kosten mit zunehmendem Körpergewicht (Hebestreit 2005). Weiterhin beeinflussen Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Höhe sowie einige vom Trainingszustand abhängige Faktoren wie Arbeitsökonomie und maximale Energieflussrate den AEE (Maffei und Schutz 2005, Rowland 1990b). Unterschiede in der energetischen Effizienz von Bewegungshandlungen sowie der Fähigkeit zur verbrauchsabhängigen Regulation der Substratzufuhr werden unter anderem durch genetische Faktoren bedingt (Hebebrand et al. 2005).

Regressionsbasierte Modelle nutzen unter anderem Informationen wie Alter, Körpergewicht und Geschlecht, um den AEE und somit den Einfluss des Bewegungsverhaltens auf den Gesamtenergieumsatz einschätzen. Nach einem von Torun (2001) entwickelten und von der WHO (FAO, WHO, UNU 2001) übernommenen Modell verbrennen durchschnittlich aktive männliche und weibliche adipöse Heranwachsende (BMI 30 kg/m²) im Alter von 10 bis 18 Jahren 15,0 respektive 10,9 MJ*Tag⁻¹ und Normalgewichtige 11,8 bzw. 10,0 MJ*Tag⁻¹. Dabei wird ein Aktivitätsniveau (physical activity level, PAL = ADMR/BMR) von 1,6-1,8 angenommen.

Durch 30 Minuten zusätzliche moderate körperliche Aktivität (50% VO_{2R}, vgl. Tabelle 1) könnten adipöse Jugendliche rechnerisch täglich netto 0,6 MJ mehr umsetzen bzw. den

Tagesenergieumsatz um 4,0% bzw. 5,6% steigern. Bewegung mit intensiver Aktivität (75%VO_{2R}) ergäbe einen Mehrumsatz von 0,9 MJ (ADMR +6,0% bzw. +8,3%). Diese in Relation zum Aufwand scheinbar unwesentliche Steigerung des Gesamtenergieumsatzes verspräche, regelmäßig und über einen längeren Zeitraum praktiziert, eine enorme Wirksamkeit. Hochrechnungen für ein Jahr bilanzieren einen energetischen Mehrumsatz von 7,8 bzw. 11,2 kg Körperfettgewebe (de Marées 2002). Den theoretischen Charakter solcher Überlegungen verdeutlichen Berkey et al. (2003) anhand eines an knapp 12.000 Heranwachsenden im Alter von 10-15 Jahren entwickelten Modells zur aktivitätsbasierten Prädiktion von BMI-Veränderungen. Demnach können übergewichtige Kinder, die täglich 30 Minuten sedentäres Verhalten durch moderate körperliche Aktivität ersetzen, nach einem Jahr mit einer BMI-Veränderung von -0,12 kg/m² rechnen, einem Gewichtsverlust von 0,3 kg entsprechend (Berkey et al. 2003). Trotz der bei inaktiven Personen nichtlinearen Beziehung zwischen unregulierter Nahrungsaufnahme (Appetit) und AEE (Woo et al. 1982, van Baak 1999, Blundell et al. 2003) scheint der energetische Mehrumsatz aufgrund der sensiblen Steuerungsmechanismen der Appetitregulation nicht zu einer entsprechend deutlich ausgeprägten Gewichtsreduktion zu führen.

Prospektive Studien zeigen in der Mehrzahl kurz- bis mittelfristig (8-52 Wochen) eine deutliche Wirkung solitärer Bewegungsinterventionen (Hayashi et al. 1987, Gutin et al. 1999, Ferguson et al. 1999a, Ferguson et al. 1999b, Gutin et al. 2002, Humphries et al. 2002) oder kombinierter diätischer und bewegungsbezogener Maßnahmen (Epstein et al. 1984, Hills und Parker 1988, Reybrouck et al. 1990, Epstein et al. 1995, Sothorn et al. 2000, Gutin et al. 2002, Lazzer et al. 2005) in Bezug auf Körpergewicht, BMI oder Körperfettanteil von Kindern. Nur wenige Studien konnten keine signifikanten Effekte nachweisen (Becque et al. 1988, Watts et al. 2004b, Woo et al. 2004). Einer Meta-Analyse von Jaeschke (2005) zufolge besteht hinreichende Evidenz für die mittelfristige Wirksamkeit, jedoch in starker Abhängigkeit von der Gestaltung der Bewegungsintervention. Aufgrund erheblicher Divergenzen in Studiendesigns und Outcome, unzureichend objektiver Quantifizierung der Einflussgröße Energieumsatz und insbesondere mangelnder Dokumentation der Nachhaltigkeit lässt sich aus diesen Publikationen aber kein Schwellenwert oder eine optimale Dosis körperlicher Aktivität zur Symptomatik des Übergewichts ableiten.

Die Intensität körperlicher Belastung beeinflusst nicht nur die Höhe des gesamten aktivitäts-induzierten Energieumsatzes, sondern auch den relativen und absoluten Anteil von Fettsäuren- und Kohlenhydratoxidation zur Energiebereitstellung. Obgleich vor dem Hintergrund der verminderten Flexibilität der Substratverwertung bei juveniler Adipositas von gesteigerter Relevanz, wurde dieser Aspekt bislang nur von wenigen Publikationen aufgegriffen (Brandou et al. 2005, Maffei et al. 2005). Eine individuelle Ansteuerung spezifischer Stoffwechselsituationen über die Intensität erscheint in dieser Zielgruppe

momentan nicht möglich (Epstein und Goldfield 1999). Da durch hochintensive körperliche Arbeit über einen kurzen Zeitraum oder durch leichte körperliche Arbeit über einen langen Zeitraum der gleiche Energieumsatz zu erzielen ist, werden unter dem Gesichtspunkt der Intensität keine theoriegeleiteten Prinzipien für die Belastungsgestaltung evident.

Theoretisch erscheint gesichert, dass der aktivitätsinduzierte Energieumsatz, und nicht Umfang oder Intensität per se, kurz- bis mittelfristig den Gewichtsverlust im Sinne einer in weiten Bereichen linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung (Diagramm 3a) unterstützt. Empirische Daten, nur für Erwachsene verfügbar, zeigen ein kontroverses Bild. Hinweise auf eine lineare Beziehung finden sich in einzelnen Studien (Jakicic et al. 1999, Jeffery et al. 2003, Slentz et al. 2004). Eine Übersichtsarbeit von Ross und Janssen (2001) fand eine klare lineare Beziehung für Studien von <16 Wochen Dauer, nicht jedoch für Studien mit >26 Wochen Dauer. Da auch die Definition einer Minimaldosis körperlicher Aktivität zur Gewichtsreduktion bei Heranwachsenden nicht schlüssig belegt ist (Twisk 2001, NHMRC 2003) könnten Art, Umfang und Intensität der körperlichen Aktivität zur nachhaltigen Steigerung des Energieumsatzes möglicherweise stärker als bisher an individuelle Präferenzen und organisatorische Voraussetzungen angepasst werden.

2.4.2 Reduktion von Risikofaktoren, Morbidität und Mortalität

Obwohl die klinischen Symptome meist erst sehr viel später zu Tage treten, wird der Ursprung vieler chronischer Zivilisationskrankheiten in Jugend und Kindheit vermutet. Daraus leitet sich die Folgerung einer frühestmöglich einsetzenden Sekundär- oder Tertiärprävention ab (Saris et al. 2003, NHMRC 2003, Wabitsch und Kunze 2004). Da während der Jugend der Anteil körperlicher Aktivität im Alltag rapide abnimmt (Rowland 1990a, Malina 1996), erscheint ein Entgegensteuern gerade in dieser Phase von exponierter Relevanz für die weitere Verhaltensentwicklung.

Zahlreiche Empfehlungen beinhalten eine Mindestdosis körperlicher Aktivität für Kinder und Jugendliche (vgl. Fulton et al. 2004 sowie Tabelle 7 und Kapitel 6.2). Inwieweit diese Empfehlungen theoretisch und praktisch fundiert sind, wird kontrovers diskutiert (Epstein und Goldfield 1999, Twisk 2001, Livingstone et al. 2003b, Wabitsch und Kunze 2004). Bei Vernachlässigung der individuellen Lebensqualität und der psychosozialen Aspekte wäre der Einsatz von Bewegung als therapeutische Modalität nur durch eine nachweisbare Beziehung zwischen dem Bewegungsverhalten in der Jugend und dem Gesundheitszustand im Erwachsenenalter zu begründen. Es bieten sich drei Optionen einer solchen Beziehung (Blair et al. 1989, Malina 2001b, Boreham und Riddoch 2001, Twisk 2001):

1. Körperliche Aktivität in der Jugend beeinflusst den Gesundheitszustand in der Jugend. Dies wäre insofern relevant, als der Gesundheitszustand in der Jugend ein

wichtiger Prädiktor für den Gesundheitszustand im Erwachsenenalter darstellt (Newman et al. 1986; Strong et al. 1992; Twisk et al. 1997)

2. Körperliche Aktivität in der Jugend beeinflusst das Bewegungsverhalten im Erwachsenenalter. Dieser Zusammenhang würde aufgrund der guten Evidenz für die gesundheitsprotektive Wirkung körperlicher Aktivität im Erwachsenenalter Bedeutung erlangen (Leon et al. 1987, Helmrach et al. 1991, Kohl et al. 1992, Powell und Blair 1994, Miller et al. 1997, Blair et al. 2004)
3. Körperliche Aktivität in der Jugend beeinflusst direkt den Gesundheitszustand im Erwachsenenalter.

Für einen in der Jugend unmittelbar durch Bewegung modulierten Gesundheitszustand (Option 1) sprechen nur indirekte Hinweise (Summerbell et al. 2003, NHMRC 2003, Strong et al. 2005, Watts et al. 2005, Summerbell et al. 2005). Die kardiovaskuläre Morbidität von Kindern ist sehr gering, so dass sich Studien auf Risikofaktoren konzentrieren müssen. Weitgehend konsistent ist ein Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und bestimmten Blutfettparametern (insbesondere HDL), Nüchternblutzucker und anderen Indikatoren des metabolischen Syndroms in einigen Studien für Kinder demonstriert worden (Bar-Or und Baranowski 1994, Morrow und Freedson 1994, Armstrong und Simons-Morton 1994, Riddoch und Boreham 1995, Riddoch 1998, Alpert 1999, NHMRC 2003, Strong et al. 2005, Watts et al. 2005, Jaeschke 2005). Ähnlich wie bei Erwachsenen (Paffenbarger et al. 1993, Blair et al. 1996, Lee und Paffenbarger 2000) hängen wahrscheinlich einige gesundheitsprotektive Adaptationen mit dem wöchentlichen Energieumsatz zusammen. Für Kinder lassen sich auf Basis bisheriger Publikationen aber nur marginale Rückschlüsse auf die Form einer möglichen Dosis-Wirkungs-Beziehung ziehen (Twisk 2001, NHMRC 2003), so dass hier ein erhebliches Forschungsdefizit zu konstatieren ist (Boreham und Riddoch 2001, NHMRC 2003). Häufig tragen eine fehlende oder zumindest nicht hinreichend präzise Erfassung von individuellen Belastungskenngrößen körperlicher Aktivität sowie die Verwendung unterschiedlicher Erhebungsmethoden erheblich zu diesem Forschungsdefizit bei (Kohl et al. 2000, Twisk 2001). Messfehler, die sich trotz sorgfältigen methodischen Vorgehens bei der individuellen Erfassung des Bewegungsverhaltens von Kindern nicht vermeiden lassen, treten meist unabhängig von der Ausprägung von Outcome-Variablen auf (Kohl et al. 2000, Janz et al. 2002a). Dies kann dazu führen, dass real bestehende Zusammenhänge unterschätzt werden (Twisk 2001). Zu fordern ist daher eine verstärkte Verknüpfung von Outcome-Variablen mit objektiven Informationen zum Bewegungsverhalten von Kindern in unterschiedlichen therapeutischen Settings (Sallis et al. 2000a, Kohl et al. 2000, Boreham und Riddoch 2001, NHMRC 2003, Watts et al. 2005).

Tracking-Studien zeigen weitgehend übereinstimmend, dass das Bewegungsverhalten in Kindheit und Jugend nur in geringem Maße mit dem Bewegungsverhalten im Erwachsenenalter zusammenhängt ($r=0,05-0,30$; Janz et al. 2000b, Malina 2001a, Malina 2001b, Janz et al. 2005). Mit zunehmendem Beobachtungszeitraum sinkt die Höhe der ermittelten Korrelationen (Diagramm 4). Die Beziehung zwischen dem Bewegungsverhalten Heranwachsender und dem Bewegungsverhalten im Erwachsenenalter scheint demzufolge mit zunehmender Zeitspanne durch andere Variablen beeinflusst. Sie kann folglich nicht als Beleg für einen Zusammenhang zwischen der körperlichen Aktivität in Kindheit und Jugend sowie kardiovaskulärer Morbidität und Mortalität im Erwachsenenalter herhalten (Option 2).

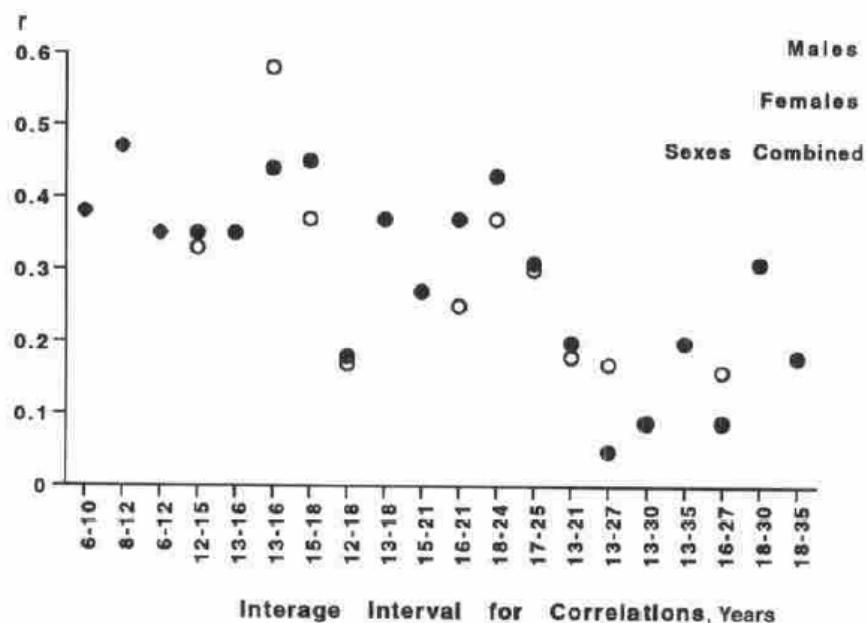


Diagramm 4: Tracking von Bewegungsverhalten: Zusammenfassung von Studienergebnissen zur altersbezogenen Korrelation körperlicher Aktivität (Malina 2001a)

In ähnlichem Maß wie bei Option 1, erschweren auch hier methodische Limitationen eine valide Erhebung des Bewegungsverhaltens, was die Korrelation erheblich beeinflussen kann. Hervorgehoben seien in diesem Zusammenhang die unterschiedliche Wahrnehmung körperlicher Aktivität und Bewegung bei Kindern und Erwachsenen (Twisk 2001, Malina 2001a, Malina 2001b).

Eine prospektive Studie mit einem lebenslangen Follow-Up, die Kindern einen sedentären oder einen aktiven Lebensstil randomisiert zuweist, ist aus verschiedenen ethischen und praktischen Gründen nicht durchführbar. Die Überprüfung von Option 3 stützt sich daher auf retrospektive Analysen wie die Harvard Alumni Studie von Paffenbarger et al. (1986), eine der wenigen Untersuchungen, die den fraglichen Sachverhalt im Längsschnitt an einer großen Population untersucht hat. Sie konnte zwischen sedentären Erwachsenen, die als Jugendliche sedentär waren und solchen, die als Jugendliche aktiv waren, nur geringe

Unterschiede in der Mortalität nachweisen (relatives Risiko 1,00 vs. 0,93). Inaktive Jugendliche, die im Erwachsenenalter aktiv wurden, wiesen dagegen ein relatives Risiko von 0,52 auf, was Option drei als wenig wahrscheinlich erscheinen lässt. Demnach beeinflusst ein hohes Maß an körperlicher Aktivität in der Jugend nicht unmittelbar den Gesundheitszustand im Erwachsenenalter (Paffenbarger et al. 1986).

Obwohl aus den dargelegten Gründen bei Heranwachsenden keine zwingende Evidenz für die Empfehlung einer Mindestdosis oder einer Intensitätsschwelle körperlicher Aktivität zur Auslösung gesundheitsprotektiver Adaptationen vorliegt, erscheint es unbedingt notwendig, auf Grundlage der bisherigen Kenntnisse und auf Basis von Plausibilitätsüberlegungen Empfehlungen auszusprechen. Diese definierten Standpunkte können als Ausgangspunkte empirischer Wirksamkeitsüberprüfungen neuer Empfehlungen und zielgruppenspezifischer Ausdifferenzierung bestehender Leitlinien dienen (Blair et al. 2004).

2.4.3 Verbesserung der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit

Den großen Einfluss der Belastungsintensität auf die Adaptationen der aeroben Kapazität bei normalgewichtigen Heranwachsenden dokumentiert die Tatsache, dass mit wenigen Ausnahmen (Yoshida et al. 1980, Rowland et al. 1996, Williams et al. 2000) kontinuierliche Protokolle mit einer Intensität von über 80% der maximalen Herzfrequenz zu einer Verbesserung der VO_{2max} führten (Massicotte und Macnab 1974, Lussier und Buskirk 1977, Becker und Vaccaro 1983, Mahon und Vaccaro 1989, Rowland 1990a, Rowland und Boyajian 1995, McManus et al. 1997, Mandigout et al. 2001). Bei Programmen von geringerer Intensität waren hingegen bis auf eine Studie (Rowland et al. 1991) keine Veränderungen nachweisbar (Massicotte und Macnab 1974, Savage et al. 1986, Welsman et al. 1997, Tolfrey et al. 1998, Stoedefalke et al. 2000). Jedoch fand eine ältere Übersichtsarbeit bei 28 Studien mit Kindern und Jugendlichen keinen klaren Zusammenhang zwischen Belastungsgestaltung und Trainingswirkung (Payne und Morrow 1993).

Die wenigen kontrollierten Studien, die Veränderungen der maximalen Sauerstoffaufnahme nach einer Bewegungsintervention bei adipösen Kindern erfassen, kommen zu uneinheitlichen Ergebnissen. Gutin et al. 2002, Potteiger et al. 2003, Thiel et al. 2005 und Carrel et al. 2005 ermittelten eine Zunahme der absoluten Sauerstoffaufnahme, die Dao et al. 2004 nur bei männlichen Studienteilnehmern nachweisen konnten. Becque et al. 1988, Rocchini et al. 1988, Gutin et al. 1995 sowie Lazzer et al. 2005 fanden keine signifikanten Veränderungen der aeroben Kapazität. Dies könnte neben der Schwierigkeit einer validen VO_{2max} Messung bei Kindern auf eine zu geringe Intensität des Bewegungsangebots und eine ungenügende Kontrolle der individuellen kardiovaskulären Beanspruchung der Intervention zurückzuführen sein (Baquet et al. 2003, Watts et al. 2005). Alle Publikationen

bis auf Watts et al. 2004b finden jedoch auf einer definierten Belastungsstufe eine reduzierte submaximale Herzfrequenz als Surrogatparameter verbesserter Ausdauerleistungsfähigkeit (Epstein et al. 1982, Epstein et al. 1985b, Hayashi et al. 1987, Rocchini et al. 1988, Gutin et al. 1995, Gutin et al. 1997, Owens et al. 1999, Humphries et al. 2002, Watts et al. 2004a, Lazzer et al. 2005).

Die Abhängigkeit der kardiorespiratorischen Kapazität und ihrer Trainierbarkeit von Alter, Geschlecht, Maturität, Körpergröße und –zusammensetzung, motorischer Effizienz, Leistungsfähigkeit zu Trainingsbeginn und Genotyp (Baquet et al. 2003, Bar-Or 2004) erschwert den Nachweis eines Zusammenhangs mit dem Bewegungsverhalten. Trotzdem sprechen bei Kindern und Jugendlichen ab 8 Jahren deutliche Hinweise für einen Dosis-Wirkungs-Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und Ausdauerleistungsfähigkeit im Sinne einer quadratischen Funktion (Diagramm 3b) oder S-Form (Diagramm 3d), bei dem der Intensität eine besondere Bedeutung zukommt. Die Intensitätsschwelle zur Auslösung kardiorespiratorischer Adaptationen, laut Empfehlungen zwischen 40 und 50% der VO_{2R} (NIH 1996, USDHHS 1996, Pate et al. 1998, Williams et al. 2002, IOM 2002, Saris et al. 2003, Corbin et al. 2004), ist nicht direkt aus Studien mit adipösen Kindern abzuleiten.

Kinder, die ihr körperliches Aktivitätsverhalten im Rahmen eines Lifestyle-Programms modifizieren wollen, wählen in der Mehrzahl intuitiv ein günstiges Verhältnis zwischen Zeitaufwand und Nutzen, letzterer operationalisiert als Energieumsatz (Epstein et al. 1982). Es erscheint notwendig, zukünftig die individuellen Besonderheiten und Vorteile unterschiedlicher Belastungsintensitäten differenziert und gezielt einzusetzen. Im nachfolgenden Kapitel wird dieser Aspekt aufgegriffen und vertieft. In diesem Zusammenhang erscheint es erstaunlich, dass nur eine geringe Zahl von Studien zum Thema körperliche Aktivität und aerobe Kapazität kind- oder jugendgemäße Bewegungsformen wie kleine und große Spiele untersucht hat. Ein für adipöse Heranwachsende hochinteressanter Bewegungsraum wie das Wasser wird in der Betrachtung weitgehend ausgeblendet. Die Mehrzahl von Untersuchungen konzentriert sich auf standardisierte Belastungsformen, die einer Evaluation entgegenkommen, ohne Berücksichtigung der Übertragbarkeit auf Therapie und Alltag.

Zahlreiche Studien belegen die teilweise vom Aktivitätsverhalten unabhängige Bedeutung der aeroben Kapazität für Morbidität und Mortalität bei Erwachsenen (Barlow et al. 1995, Blair et al. 1996, Farrell et al. 2002, Church et al. 2004). Blair et al. 2001 beschreiben in ihrer Übersichtsarbeit eine entsprechende Dosis-Wirkungs-Beziehung, mit einem steilen Anstieg zu Beginn und asymptotischen Verlauf im oberen Teil der Verteilung körperlicher Fitness (Diagramm 3c).

Nach Janz et al. 2002a erklärt bei Kindern die 5-Jahres Veränderung aerober Leistungsfähigkeit 11% Varianz des späteren Verhältnisses zwischen Gesamtcholesterin und HDL sowie 5% der LDL-Varianz. Veränderungen der allgemeinen körperlichen Fitness erklären 15% Varianz des Ausmaßes von Adipositas. Einige Autoren sehen Hinweise, dass bei Kindern der Ausdauerleistungsfähigkeit als Therapieziel eine höhere Relevanz zukommt als dem BMI (Watts et al. 2004a, Watts et al. 2004b, Woo et al. 2004). Johnson et al. (2000) zeigten an 4 bis 11-jährigen Kindern, dass aerobe Kapazität in begrenztem Maß ein Prädiktor für die zukünftige Entwicklung der Adipositas darstellt.

Insgesamt besteht jedoch zum jetzigen Zeitpunkt keine Evidenz für eine unmittelbare, inverse Beziehung zwischen kardiovaskulärer Leistungsfähigkeit und Morbidität und Mortalität (NHMRC 2003). Immerhin zeigen die wenigen verfügbaren *Tracking*-Studien, dass im Vergleich mit dem Bewegungsverhalten die kardiovaskuläre Fitness insbesondere weiblicher Kinder und Jugendlicher etwas stabiler in das Erwachsenenalter übertragen wird. Die aerobe Kapazität von Jugendlichen korreliert moderat mit der aeroben Kapazität im jungen Erwachsenenalter ($r = 0,30-0,48$; Malina 1996, Malina et al. 2004). Dies lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass körperliche Fitness im Regelfall ökonomischer und valider zu erfassen ist als Bewegungsverhalten, bei gleichzeitig intraindividuell geringerer Variabilität (Janz et al. 2002a).

Zusammenfassend besteht folgende Evidenz für Wirkeffekte körperlicher Aktivität bei adipösen Kindern:

1. Beziehung zwischen bewegungsinduziertem Energiemehrumsatz und Gewichtsreduktion:

Kurz- und mittelfristig klare Hinweise auf einen Zusammenhang, aber keine gesicherten Informationen über Nachhaltigkeit, Form der Beziehung sowie eine mögliche Mindestdosis.
2. Beziehung zwischen körperlicher Aktivität im Kindes- und Jugendalter und Mortalität und Morbidität im Erwachsenenalter:

Kein evidenzbasierter Zusammenhang mit folglich nicht gesicherten Informationen über die Form der Beziehung.
3. Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und kardiovaskulärer Fitness:

Gesicherter Zusammenhang mit Hinweisen auf eine Dosis Wirkungs-Beziehung (Quadratische Form oder S-Form), aber keine zuverlässigen Informationen über die Mindestintensität.

Fehlende oder unzureichende Kenntnisse über Belastungskenngrößen reduzieren die Vergleichbarkeit von Studien und maskieren mögliche Zusammenhänge. Dies ist

möglicherweise einer von mehreren Gründen, warum die drei Leitlinien, die sich speziell mit bewegungsbezogener Therapie von juveniler Adipositas auseinandersetzen, Umfang oder Intensität nicht explizit vorgeben (ACSM 2000, NHMRC 2003, Wabitsch und Kunze 2004). Der Einsatz objektiver Verfahren zur Erfassung von Bewegungsverhalten ist Voraussetzung für die Erbringung von Evidenz für Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen körperlicher Aktivität und therapeutischen Outcomes bei Kindern und Jugendlichen (Kohl et al. 2000, Twisk 2001, Boreham und Riddoch 2001, Janz et al. 2002a, Watts et al. 2005) und sollte zukünftig verstärkt praktiziert werden.

2.5 Sind gängige Therapieprogramme empfehlungskonform?

Bei der Therapieplanung sind neben (1) dem Energieumsatz zur Gewichtsreduktion sowie (2) der aeroben Belastungsintensität zur Verbesserung der kardiovaskulären Fitness und Senkung des kardialen Risikos weitere gesundheitsrelevante Dimensionen körperlicher Aktivität zu berücksichtigen, insbesondere (3) die Entwicklung der Knochenmasse, (4) Kräftigung der Skelettmuskulatur sowie (5) der Erhalt oder die Verbesserung der Beweglichkeit (Caspersen 1989). Aufgrund mangelnder Evidenz für die Wirksamkeit von Therapieverfahren sowie teilweise widersprüchlicher Angaben in der erfahrungsgeleiteten Literatur fehlen klar strukturierte, detaillierte und praxisorientierte Vorgaben für das therapeutische Vorgehen im ambulanten oder stationären Setting (Reinehr et al. 2002, NHMRC 2003, Livingstone et al. 2003b, Summerbell et al. 2005). "Specific guidelines for intensity (how hard or fast), duration (how long), frequency (how often), and mode (type of activity) of exercise are unclear." (Sothorn 2001, 997). Die komplexe und anspruchsvolle Aufgabe der Auswahl geeigneter Bewegungsangebote und Organisationsformen sowie der Belastungssteuerung bleibt somit zu einem großen Teil dem Wissen, den Erfahrungen und dem Einfühlungsvermögen des Bewegungstherapeuten überlassen. Ähnliches gilt für Empfehlungen von Sportwissenschaftlern oder Ärzten, sei es im Rahmen von persönlichen Beratungsgesprächen oder über die Medien.

Obwohl nicht evidenzbasiert, erscheinen daher die bestehenden, meist allgemein für Kinder und Jugendliche formulierten Leitlinien und Empfehlungen - täglich >30 oder >60 Minuten MVPA - auf dem aktuellen Wissensstand als Orientierungshilfe für Prävention und Therapie unverzichtbar.

Es ist jedoch nicht hinreichend untersucht, inwieweit gängige Therapieprogramme auf individueller Ebene eine Beanspruchung induzieren, die diesen Empfehlungen gerecht wird. Auch eine objektive Erfassung des Beanspruchungsprofils unterschiedlicher Bewegungsangebote steht noch aus. Die Erhebung dieser und weiterer die Intervention charakterisierender Kennzahlen ist eine Voraussetzung, um bestehende Therapie-

programme zu evaluieren, geeignete Sport- und Bewegungsformen für zukünftige Interventionsformen zu identifizieren und zu entwickeln, sowie die Qualität spezifischer Bewegungstherapieprogramme zu sichern (Stone et al. 1998, Sirard und Pate 2001, Sothorn 2001, Reinehr et al. 2002, Ainslie et al. 2003, Vanhees et al. 2005, Watts et al. 2005).

Bei der Planung eines Therapieprogramms als auch der fragebogen- oder beobachtungs-basierten Auswertung von Daten zum spontanen Bewegungsverhalten wird üblicherweise zur Ermittlung des Gesamtenergieumsatzes die einer Aktivität zugeordnete Intensität (Energieumsatz pro Zeit) mit der Dauer ihrer Durchführung multipliziert. Diesem Verfahren liegt die Annahme zugrunde, dass bestimmte Sportarten und Bewegungsangebote spezifische Eigenschaften hinsichtlich der Belastungsstruktur aufweisen (Ainsworth et al. 1993).

Die am häufigsten zitierte Übersicht über den bewegungsinduzierten Energieumsatz bei verschiedener Formen körperlicher Aktivität bei Erwachsenen wurde von Ainsworth et al. (1993, 2000) zusammengestellt. Obgleich dieses Kompendium in anschaulicher Form einen allgemeinen Überblick über die Intensität verschiedener Bewegungs- und Aktivitätsformen verschafft, ist die Übertragbarkeit der dort aufgeführten Kennzahlen auf Individuen jüngeren Alters, als auch der Nutzen für die Therapiesituation limitiert (Sallis et al. 1991, Harrell et al. 2005). Die Autorengruppe um Ainsworth betont, dass der Energieumsatz unter anderem von individuellen Faktoren wie Körpermasse, Grad der Adipositas, Ökonomie einer Bewegung, Alter, Geschlecht und verschiedenen Umgebungsbedingungen beeinflusst wird (Ainsworth et al. 1993). Kinder und Jugendliche weisen bei körperlicher Aktivität einen höheren Energieumsatz pro Kilogramm Körpergewicht auf als Erwachsene (Rowland 1990b, Malina et al. 2004, Harrell et al. 2005). Entscheidend erscheint jedoch in konzeptioneller Hinsicht, dass dem Kompendium hinreichende Informationen zur aeroben Leistungsfähigkeit und dem motorischen Könnensstand der Referenzpopulation ebenso fehlen wie zur Intensität der körperlichen Aktivität und zum Setting, in dem sie stattfindet. Die Übersicht vermag nur indirekt Hinweise auf die zentrale Frage nach der kardiovaskulären Beanspruchung im Sinne relativer Intensität geben.

Aus methodischer Sicht ist hervorzuheben, dass einige Daten von Ainsworth et al. an einer vergleichsweise kleinen Stichprobe ($N < 20$) erhoben wurden und nur selten Hinweise auf die Variabilität der Ergebnisse enthalten. Nicht immer ist klar, ob es sich um Brutto- oder Nettoenergieumsatz handelt, und ob die betreffende Aktivität mit oder ohne Pausen durchgeführt wurde (Norgan 1996, Ridley 2005). Zudem hatten frühere Studien, auf die sich das Kompendium zum Teil stützt, einen Kofranyi-Michaelis Kalorimeter verwendet. Erst nach Durchführung dieser Erhebungen stellte sich heraus, dass dieser Kalorimeter im Bereich moderater körperlicher Aktivität keine befriedigende Validität aufweist (Orsini und Passmore 1951, Gunn et al. 2002). Der Energieumsatz einiger in dem Kompendium aufgeführter

Aktivitäten wurde nicht direkt gemessen, sondern auf Basis bewegungsverwandter Aktivitäten abgeschätzt.

Vor diesem Hintergrund erscheint die Übertragbarkeit von Daten des Kompendiums auf eine spezielle Zielgruppe wie adipöse Kinder in einer Therapiesituation ohne Überprüfung in mehrfacher Hinsicht problematisch (Torun 1983, Sallis et al. 1991, Ridley 2005). Alternativen bieten sich jedoch nur wenige. Einzelne Autoren haben den aktivitätsbezogenen Energieumsatz bei Kindern und Jugendlichen unter Verwendung von Referenzmethoden ermittelt, meist im Rahmen von Validierungsstudien. Jedoch ist die Auswahl der erfassten Aktivitätsmuster begrenzt (Rieper et al. 1993, Livingstone et al. 2000, Merati et al. 2001, Puyau et al. 2002, Spadano et al. 2003, Vope-Ayub und Bar-Or 2003, Treuth et al. 2004, Eisenmann et al. 2004, Harrell et al. 2005).

Selbst wenn der mittlere Energieumsatz verschiedener Bewegungsangebote für adipöse Kinder bekannt wäre, würde die Analyse von Therapieplänen lediglich die Bewertung der potenziellen Wirksamkeit gestatten. Die gesundheitsbezogene Effektivität einer implementierten Trainingsmaßnahme bestimmt sich nach dem *intention-to-treat* Ansatz nicht nur über deren Wirksamkeit unter idealen Umständen (*efficacy*), sondern auch über die Adhärenz (*adherence*) der Teilnehmer (Newell 1992, Wright und Sim 2003, NHMRC 2003, Summerbell et al. 2005). Für Kinder und Jugendliche ist die Hürde, ein ambulantes oder stationäres Therapieprogramm offiziell abubrechen, vergleichsweise groß. Es erscheint möglich oder sogar wahrscheinlich, dass sie trotz adverser Einstellung weiterhin an einem Bewegungsprogramm teilnehmen, ohne sich jedoch mit der nötigen Intensität daran zu beteiligen.

Auch bei guter allgemeiner Adhärenz ergibt sich im Rahmen der Komplextherapie die Forderung nach einer objektiven Erfassung von körperlicher Aktivität im therapeutischen Setting aus der Problematik, dass die intrinsische Motivation zur aktiven und engagierten Teilnahme in Abhängigkeit des Bewegungsangebotes erheblich variieren kann (Sallis et al. 2000a). Insbesondere bei Spielen und anderen intervallartigen Belastungsformen ohne vorgegebene Intensität sind Heranwachsende in unterschiedlichem Maße engagiert. Eine Unterforderung, aber auch eine unnötig starke Beanspruchung ist denkbar.

Ergänzend zu einer Erhebung der Präferenzen der Teilnehmer und ihrer affektiven Einstellung zu unterschiedlichen Bewegungsangeboten (WIAD 2003) erscheint zur Ermittlung des zielgruppenspezifischen Aufforderungscharakters eine intra- und interindividuell vergleichende Analyse autonom gewählter relativer Intensitäten lohnenswert.

Bei der Analyse von Beanspruchungsgrößen in der Therapie bietet die individuelle Betrachtungsebene somit wertvolle Informationen, die bei einer reinen Betrachtung von Gruppenmittelwerten verloren gehen.

Vor diesem Hintergrund ist der Stellenwert einer individuellen Beanspruchungsdiagnostik als erheblich einzuschätzen. Zusätzliche Relevanz gewinnt die Thematik, wenn es um die bedarfsgerechte Erstellung eines Diätplans geht. Bei der Steuerung der Kalorienzufuhr zur effektiven und trotzdem maßvollen Gewichtsreduktion kann die individuelle Quantifizierung des Energieumsatzes wertvolle Informationen liefern (Schutz 1995, Pencharz und Azcue 1995, Harrell et al. 2005), insbesondere bei Kindern unter 10 Jahren (Ferro-Luzzi 2005). Eine ähnlich wichtige Rolle spielt die objektive Energieumsatzermittlung zur Diagnose und Überwachung von Essstörungen (Pencharz und Azcue 1995). Abschließend sei die Möglichkeit einer auf den Energieumsatz gestützten Überprüfung der Zuverlässigkeit von Angaben zur Energieaufnahme erwähnt (Livingstone et al. 2003a).

Wie bereits aus Kapitel 2.4 hervorgeht, erfordert nicht zuletzt auch die wissenschaftliche Prüfung von Therapieverfahren die Anwendung und Verbesserung objektiver und ökonomischer Instrumente zur Erfassung von Belastungskenngrößen. Qualitativ hochwertige Studien verlangen die Erhebung von Prozessindikatoren, die anzeigen, ob jeder einzelne Teilnehmer auch tatsächlich das vom Studienplan zugewiesene Treatment erhalten hat. Abweichungen verlangen eine sorgfältige Erwägung der Implikationen im Hinblick auf die Effektivität der Intervention (Summerbell et al. 2005, Stone et al. 1998, Sirard und Pate 2001). Obwohl als unabhängige Variable von entscheidender Bedeutung, werden relevante Beanspruchungsgrößen in vielen Untersuchungen mit dem Ziel der Überprüfung der Wirksamkeit einer Bewegungsintervention jedoch nicht hinreichend präzise erfasst und dokumentiert (Riddoch und Boreham 1995, NMHRC 2003, Livingstone et al. 2003b, Watts et al. 2005).

2.6 Methoden zur Erfassung körperlicher Aktivität

Mehr noch als bei Erwachsenen (Melanson und Freedson 1996) ist eine präzise Erfassung körperlicher Aktivität bei Kindern aufgrund ihres komplexen und multidimensionalen Verhaltens mit Problemen behaftet (Goran 1998, Welk et al. 2000, Kohl et al. 2000, Sirard und Pate 2001). Momentan existiert keine Methode zur Erfassung des Energieumsatzes und des Bewegungsverhaltens, die man als optimal bezeichnen könnte (Livingstone et al. 2003b). Für eine ausführliche Diskussion der methodischen Verfahren wird auf Kohl et al. 2000 und Livingstone et al. 2003b verwiesen, während nachfolgend die wichtigsten Methoden nur kurz angerissen werden.

Herkömmliche Fragebögen und Aktivitätsprotokolle, zum Monitoring großer Populationen geeignet, erfüllen als subjektive Verfahren insbesondere bei Kindern und Jugendlichen die Testgütekriterien nur unzureichend und gestatten keine genaue Einschätzung des Bewegungsverhaltens (Goran 1998, Welk et al. 2000, Kohl et al. 2000, Sirard und Pate

2001, Vanhees et al. 2005, Ridley et al. 2006). Eine präzise Berechnung des Energieumsatzes ermöglichen dagegen direkte und indirekte Kalorimetrie sowie die Verwendung von doppelt stabil markiertem Wasser (DLW). Während die direkte Kalorimetrie auf kostenaufwändige Einzelmessungen in der Laborsituation beschränkt ist und die DLW-Methode keine isolierte Bestimmung des aktivitätsinduzierten Energieumsatzes gestattet, erlauben portable Atemgasanalysesysteme durch die Quantifizierung von Sauerstoffaufnahme (VO_2) und Kohlendioxidabgabe auch bei Feldtests einen Rückschluss auf den Energieumsatz auf *breath-by-breath* Basis (Goran 1998, Sirard und Pate 2001, Ainslie et al. 2003). Neben teilweise erheblichen Rückwirkungen auf Probanden und hohen Anschaffungs- oder Betriebskosten sind die genannten Methoden durch eine beschränkte Eignung zur Erfassung von Belastungskennzahlen in Feldstudien mit größeren Gruppen oder epidemiologischen Studien gekennzeichnet (Kohl et al. 2000, Livingstone et al. 2003b).

Die Akzelerometrie ist als vergleichsweise ökonomische, präzise und effiziente Methode zur Erfassung des Energieumsatzes anerkannt und wird zunehmend zur Validierung von subjektiven Erhebungsmethoden, zur Outcome-Messung bei Interventionen und zur Identifikation von Korrelaten des Bewegungsverhaltens eingesetzt (Kohl et al. 2000, Livingstone et al. 2003b; vgl. auch *Medicine and Science in Sports and Exercise, Supplement November 2005* zum Thema Akzelerometrie). Die Validität der Akzelerometrie zur Erhebung des gesamten Tagesenergieverbrauchs ist akzeptabel, jedoch fanden einige Studien keine oder nur geringe Korrelationen zwischen akzelerometrischen Daten und der bei körperlicher Aktivität mittels indirekter Kalorimetrie ermittelten Energieumsätzen ($r = -0,07 - 0,42$; Fogelholm et al. 1998, Sherman et al. 1998, O'Connor et al. 2003). Andere Untersuchungen berichten von hohen linearen Zusammenhängen ($r=0,72-0,86$, Luke et al. 1997, Ramirez-Marrero et al. 2005). Eisenmann et al. (2004) fanden bei Kindern, die Bowling oder Basketball spielten, Korrelationen von $r=0,22-0,68$ zwischen uniaxial akzelerometrisch erhobenen Daten (Akzelerometrie-Modelle Caltrac und MTI) und indirekter Kalorimetrie bei individuellen Abweichungen von über 50%. Ein Pooling der Daten verschiedener Aktivitäten verbesserte die Korrelation auf $r=0,78-0,82$.

Abweichungen im Messergebnis existieren auch zwischen Geräten gleicher Bauart (Matthews 2005, Freedson et al. 2005), da häufig eine einheitliche Festlegung von Schwellenwerten für die Weiterverarbeitung von Akzelerometrie-Rohdaten (so genannte *counts*) fehlt. Bei Auswertung desselben Datensatzes mit Hilfe unterschiedlicher MVPA-Schwellenwerte traten erhebliche Diskrepanzen auf (28 ± 18 vs. 141 ± 39 Minuten, Guinhouya et al. 2006), obwohl beide Schwellenwerte für das gleiche Akzelerometrie-Modell und die gleiche Zielgruppe entwickelt und international publiziert worden waren. In einer ähnlichen Versuchsanordnung ermittelten Penpraze et al. (2006) bei Kindern im Observationszeitraum einen MVPA-Anteil zwischen 3,9% bei Verwendung eines

Schwellenwertes nach Puyau et al. 2002 und 41,1% bei Verwendung von Schwellenwerten nach Janz et al. 2002b. Die bei Fogelholm et al. (1998) für den ActiGraph-Akzelerometer vorgeschlagenen Schwellenwerte zur Erfassung moderater körperlicher Aktivität Erwachsener unterscheiden sich um den Faktor 10 von den bei Nichols et al. (2000) genannten *cutpoints*. Einige Autoren sprechen der Akzelerometrie daher die Fähigkeit zur validen Ermittlung individueller Belastungskenngrößen ab (Eisenmann et al. 2004, Puyau et al. 2002). Zudem ist die Akzelerometrie zur Erfassung bestimmter Bewegungsformen – beispielsweise im Bewegungsraum Wasser, bei fahrradergometrischer Belastung und bei Kräftigungsübungen – ungeeignet und erlaubt ohne vorherige Kalibrierung keine valide Aussage über die relative Intensität körperlicher Belastung (Kohl et al. 2000). Für eine ausführliche Diskussion dieser methodischen Limitationen wird auf Freedson et al. 2005 verwiesen.

Einige der bisher genannten Einschränkungen gelten nicht für Herzfrequenz (HF) Monitoring. Epstein et al. fanden 26 Studien, die das kindliche Bewegungsverhalten mittels HF Monitoring erfassten (Epstein et al. 2001). Ein Großteil dieser Studien verwendet jedoch absolute HF-Cut-Off Punkte zur Definition bestimmter Intensitätsbereiche, was aufgrund der erheblichen interindividuellen Variabilität der HF problematisch erscheint (Epstein et al. 2001, Schutz et al. 2001, Achten und Jeukendrup 2003). Besser geeignet ist die Angabe der Belastungsintensität relativ zur maximalen Herzfrequenz bzw. zur Herzfrequenzreserve, was jedoch die Durchführung eines Ausbelastungstests voraussetzt (Schutz et al. 2001, Achten und Jeukendrup 2003). Energieumsätze lassen sich mit diesem Verfahren jedoch nicht ermitteln.

Einen Schritt weiter geht die nachfolgend beschriebene HF-Flex Methode, welche auf Basis von Herzfrequenz-Monitoring die Bestimmung sowohl von Energieumsatz als auch relativer Belastung erlaubt. HF und VO_2 weisen während körperlicher Aktivität mittlerer bis hoher Intensität einen hohen Zusammenhang auf (Dauncey und James 1978, Spurr et al 1988, Livingstone et al. 2000, Achten und Jeukendrup 2003). Diese Beziehung kann mittels synchroner Erfassung von HF und VO_2 unter variierenden Ruhe- und Belastungsbedingungen individuell ermittelt werden. Unter Verwendung dieser Beziehung kann mit Hilfe von HF Aufzeichnungen im Feld die VO_2 und folglich auch der Energieumsatz berechnet werden (Spurr et al 1988, Livingstone et al. 1990, Livingstone et al. 2000, Achten und Jeukendrup 2003, Fröhlich und Schmidt 2006). Die Steigung der HF- VO_2 Relation ist jedoch unter Ruhebedingungen und bei minimaler körperlicher Belastung wesentlich geringer als bei Aktivitäten mit höherer Intensität, da kleine Bewegungen in Ruhe die HF deutlich erhöhen, während die VO_2 nahezu unverändert bleibt (Luke et al. 1997, Livingstone et al. 2000, Achten und Jeukendrup 2003; vgl. Diagramm 5). Dies macht die individuelle Definition einer

HF erforderlich, welche zwischen Ruhe- und Belastungsbereich diskriminiert, dem so genannten HF-Flex Punkt (Spurr et al. 1988, Livingstone et al. 1992).

Die HF-Flex Methode als eine Erweiterung des HF Monitoring ist ökonomisch und weist eine geringe Rückwirkung auf. Bei Erwachsenen wurden Abweichungen im Gruppenmittel zwischen -1 und $+17\%$ und individuelle Abweichungen von -22 bis $+52\%$ zur DLW-Methode bzw. direkter oder indirekter Kalorimetrie ermittelt (Spurr et al 1988, Ceesay et al. 1989, Livingstone et al. 1990, Davidson et al. 1997, Morio et al. 1997). Beim Tagesenergieumsatz von Kindern fanden Livingstone et al. $-3\pm 10\%$, Bitar et al. $+8\pm 20\%$ und Treuth et al. $+5\pm 7\%$ Abweichung zu Referenzmethoden (Livingstone et al. 1992, Bitar et al. 1996, Treuth et al. 1998a). Eine Validierung des HF-Flex Verfahrens an adipösen Kindern und Jugendlichen bei ihrer Teilnahme an bewegungstherapeutischen Interventionsmaßnahmen ergab von der Belastungsform abhängige Abweichungen zu indirekter Kalorimetrie zwischen $+3,6\pm 15,4\%$ und $+28,1\pm 27,8\%$ (vgl. Anhang II). Die in dieser und anderen Studien gefundenen hohen Standardabweichungen dokumentieren große Zwischenpersonenunterschiede, welche die HF-Flex Methode analog zur Akzelerometrie für individuelle Aussagen ungeeignet erscheinen lassen. Für die Erfassung des Bewegungsverhaltens und des Energieumsatzes von Gruppen im Feld stellt sie dagegen ein valides Verfahren dar (Dauncey und James 1979, Spurr et al. 1988, Ceesay et al. 1989, Livingstone et al. 1990, Livingstone et al. 1992, Bitar et al. 1996, Davidson et al. 1997, Morio et al. 1997, Treuth et al. 1998, Fröhlich und Schmidt 2006).

3 Zielstellung und Hypothesen

Aus den im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Untersuchungen und klinischen Beobachtungen ergeben sich verschiedene Forschungsdefizite und daraus abgeleitet die Problemstellungen der vorliegenden Arbeit.

Adipositas stellt aus sozialmedizinischer und epidemiologischer Sicht ein Gesundheitsproblem ersten Ranges dar und erfordert die Intensivierung der Suche nach wirksamen Behandlungsstrategien (Steinbeck 2001, Lobstein 2004). Bei steigender Prävalenz zeigt sich juvenile Adipositas bisher als weitgehend therapieresistent (Wabitsch 2006). Vorhandene Präventions- und Therapiemaßnahmen haben zu keinem überzeugenden Rückgang der Adipositasepidemie geführt oder sind nur für einen kleinen Teil der adipösen Kinder und Jugendlichen geeignet (Summerbell et al. 2003, Summerbell et al. 2005, Reinehr 2006). Zwar besteht auf Basis von Erfahrungswerten und Plausibilitätsüberlegungen ein Konsens hinsichtlich des grundlegenden Rahmens einer sport- und bewegungstherapeutischen Intervention bei adipösen Kindern, jedoch lassen sich Fragen zur Belastungssteuerung körperlicher Aktivität momentan nicht evidenzbasiert beantworten (Epstein und Goldfield 1999, Twisk 2001, Livingstone et al. 2003b, Wabitsch und Kunze 2004). Unter anderem ist dies auf methodische und konzeptionelle Limitationen bisheriger Studien zurückzuführen (Riddoch und Boreham 1995, Epstein und Goldfield 1999, Sallis et al. 2000a, Livingstone et al. 2003b, Summerbell et al. 2005). Insbesondere fehlen objektive Erhebungen der Belastungskenngrößen körperlicher Aktivität bei strukturierten Interventionen, die in Verbindung mit der Kenntnis therapieinduzierter Veränderungen relevanter Zielgrößen zur Ermittlung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen beitragen könnten (Riddoch und Boreham 1995, Twisk 2001, Livingstone et al. 2003b, Dietz 2005).

Gängige Leitlinien für Kinder und Jugendliche empfehlen mehr als 30 oder mehr als 60 Minuten moderate bis intensive körperliche Aktivität (MVPA) täglich (USDHHS 1996, NIH 1996, Pate et al. 1998, ACSM 2000, Williams et al. 2002, IOM 2002, NHMRC 2003, Corbin et al. 2004). Inwieweit diese Empfehlungen tatsächlich in der stationären juvenilen Adipositastherapie umgesetzt werden, ist weitgehend unbekannt. Da sich Kinder und Jugendliche bei der Teilnahme an strukturierten Bewegungsinterventionen erheblich hinsichtlich ihres Aktivitätsniveaus voneinander unterscheiden können, erlaubt die alleinige Charakterisierung von Therapieprogrammen anhand des geplanten Umfangs von Bewegungsaktivitäten keine präzise Einschätzung der individuellen Beanspruchung (Goran 1998, Welk et al. 2000, Sirard und Pate 2001, Ainslie et al. 2003, Vanhees et al. 2005). Die von Kostenträgern und Patienten geforderte Erfassung der Prozess- und Ergebnisqualität verlangt daher objektive Informationen über den Energiemehrumsatz, die relative Intensität

und die Dauer trainingswirksamer Phasen der Bewegungsintervention (Huber 2004, Jaeschke 2005).

Ein primäres Ziel der vorliegenden Studie ist daher die objektive Erhebung von Belastungskenngrößen in der stationären Bewegungstherapie adipöser Kinder und Jugendlicher vor dem Hintergrund aktueller Empfehlungen. Es leitet sich folgende Hypothese ab:

H 1: Im Gruppenmedian akkumulieren adipöse Kinder bei der stationären Bewegungstherapie pro Woche mehr als 150 Minuten moderate bis intensive körperliche Aktivität (MVPA).

Bei der Gestaltung von Bewegungsprogrammen müssen Bewegungstherapeuten unter anderem Therapieziele, organisatorische Voraussetzungen und individuelle Gegebenheiten berücksichtigen (Jaeschke 2005). Obwohl ihr Handeln direkt zur Qualität der Interventionsmaßnahmen beiträgt, verfügen Entscheidungsträger in der juvenilen Adipositas therapie jedoch häufig über unzureichende Informationen als Entscheidungsgrundlage (Sallis et al. 2000a, Epstein et al. 2001, Sleaf und Tolfrey 2001, Livingstone et al. 2003b, Fulton et al. 2004, Wabitsch und Kunze 2004). Es fehlen zielgruppenspezifische Belastungskenngrößen einzelner Bewegungsangebote, die deren begründete Auswahl zur gezielten Ansteuerung von Adaptationen erlauben würden. Im Hinblick auf mögliche gewichtsreduzierende, kardiovaskuläre und gesundheitsprotektive Wirkungen körperlicher Aktivität erscheinen dabei insbesondere Angaben zu Energieumsatz, relativer Belastung und Dauer moderater bis intensiver körperlicher Aktivität (MVPA) relevant (ACSM 2000, Steinbeck 2001, Twisk 2001, Boreham und Riddoch 2001, NHMRC 2003, Watts et al. 2005, Strong et al. 2005).

Vor diesem Hintergrund stellt die Identifikation von Sportarten und Bewegungsangeboten mit einem günstigen kardiovaskulären Beanspruchungsprofil ein weiteres primäres Ziel der vorliegenden Studie dar. Zu diesem Zweck werden Belastungskenngrößen von Bewegungsangeboten eines typischen stationären Therapieprogramms vergleichend erhoben. Es ergeben sich die folgenden Hypothesen:

H 2: Die untersuchten Bewegungsangebote zur Therapie adipöser Kinder und Jugendlicher unterscheiden sich signifikant hinsichtlich des Energieumsatzes (EE).

H 3: Die relative Belastungsintensität (%VO_{2R}) spezifischer Bewegungsangebote in der juvenilen Adipositas therapie unterscheiden sich signifikant voneinander.

H 4: Der Zeitanteil moderater und intensiver körperlicher Aktivität (MVPA-Anteil) unterscheidet sich signifikant zwischen spezifischen Bewegungsangeboten zur Therapie adipöser Kinder und Jugendlicher.

Kinder und Jugendliche bevorzugen abwechslungsreiche Bewegungsaktivitäten mit hohem Aufforderungscharakter (Bar-Or 1995, Roberts 2000, Poulsen und Ziviani 2004, Lawrenz und Lawrenz 2005). Therapeutische Bewegungsangebote sollten die unterschiedlichen Wünsche der jeweiligen Alters- und Entwicklungsstufen und des Geschlechts berücksichtigen (Bar-Or 1995, AAP 2001, Fox 2004). Nicht immer gehen jedoch Erfahrungen und Neigungen der Zielgruppe in ausreichendem Maße in die Planung von Sport- und Bewegungsprogrammen mit ein (WIAD 2003). Die Präferenzen adipöser Jugendlicher finden aus diesem Grund in der vorliegenden Arbeit als Nebenzielparameter Berücksichtigung.

4 Methodik

Die vorliegende als monozentrische Studie konzipierte Arbeit zur vergleichenden Erhebung belastungscharakterisierender Kenngrößen in der Bewegungstherapie adipöser Jugendlicher orientierte sich an den Richtlinien der evidenzbasierten Medizin (Newell 1992, Wright und Sim 2003) und erfolgte in Konformität mit der Deklaration des Weltärztebundes von Helsinki (1964, ergänzte Version von Tokio 2004). Die Untersuchung wurde von der Ethik-Kommission des Universitätsklinikums Frankfurt mit Votum vom 04.10.2004 als berufsethisch und berufsrechtlich unbedenklich eingestuft.

Zur Gewährleistung einer möglichst guten Übertragbarkeit der Ergebnisse wurde mit der medinet Spessartklinik Bad Orb ein typisches Interventionszentrum mit langjähriger Erfahrung in der stationären Adipositas-Komplextherapie von Kindern und Jugendlichen und einem umfangreichen und vielseitigen Therapieangebot nach den Leitlinien der AGA (Wabitsch und Kunze 2004) und unter Berücksichtigung des Manuals der Konsensusgruppe Adipositasschulungen (AGA 2004) ausgewählt. Der Schwerpunkt der medinet Spessart-Klinik Bad Orb liegt in der Therapie von Ernährungs- und Stoffwechselerkrankungen bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen. Behandelt werden Adipositas mit Folgestörungen und Diabetes mellitus Typ 1, Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems, des Muskelskelettsystems, des Bindegewebes und des Atmungssystems sowie Verhaltens- und psychische Störungen.

Die Erfassung relevanter Zielgrößen der therapieinduzierten Beanspruchung erfolgte in einer Querschnittsuntersuchung. Nachfolgend werden die Personenstichprobe, die verwendeten Messverfahren und die erhobenen Parameter dargestellt.

4.1 Personenstichprobe

An der Studie beteiligten sich N=26 adipöse Kinder und Jugendliche beiderlei Geschlechts, die sich in der zweiten Woche einer 4-6wöchigen stationären Komplextherapie in der medinet Spessartklinik Bad Orb befanden. Alle Heranwachsenden hatten in der Vergangenheit bereits erfolglos ambulante Therapieprogramme absolviert und wiesen vor Beginn der stationären Therapie ein reduziertes Bewegungsverhalten auf. Der Gesundheitsstatus der Probanden wurde im Vorfeld der Studie von erfahrenen Medizinern im Rahmen einer klinischen Eingangsuntersuchung nach den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) (Löllgen et al. 2002) überprüft.

4.1.1 Einschlusskriterien

- Adipöse Jungen und Mädchen¹, welche die 97. alters- und geschlechtsspezifischen BMI-Perzentilwerte überschreiten (Wabitsch und Kunze 2004 in den AGA-Leitlinien, entsprechend den Vorgaben der European Childhood Obesity Group)
- Alter: 10-16 Jahre
- Keine Komorbidität

4.1.2 Ausschlusskriterien

- Absolute und relative Kontraindikationen für ergometrische Belastungsuntersuchungen gemäß Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) (Löllgen et al. 2002)
- Koronare Herzerkrankungen, Hypertonie (>140/90 mmHg), vaskuläre Erkrankungen (Hauterkrankungen wie Sklerodermie, Ekzeme; Diabetes mellitus), Gefäßerkrankungen, neurologische und psychiatrische Krankheiten
- Einnahme vasoaktiver Medikamente (z.B. Beta-Blocker, Antiphlogistika, Kortikosteroide, ASS)
- Zigarettenrauchen

Die Kinder und deren Erziehungsberechtigte wurden vor der Teilnahme ausführlich mündlich und schriftlich über den geplanten Untersuchungsablauf informiert und gaben ihre schriftliche Einverständniserklärung zur freiwilligen Teilnahme. Alle Daten wurden nach den Richtlinien des Datenschutzgesetzes anonymisiert und vertraulich behandelt. Die Probanden und deren Erziehungsberechtigte hatten zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit, ohne Angabe von Gründen die Teilnahme an der Studie zu widerrufen.

4.1.3 Fallzahlberechnung

Zur Abschätzung des optimalen Stichprobenumfangs wurde auf Daten einer Studie zur Validität der HF-Flex Methode zur Erfassung der Belastung bei unterschiedlichen Bewegungsangeboten in der juvenilen Adipositas therapie zurückgegriffen (vgl. Anhang II). Primärzielparameter war der vom Bewegungsangebot abhängige therapieinduzierte Energie-

¹ Wenn nachfolgend bei der Bezeichnung von Kollektiven die männliche Form verwendet wird, so sind damit selbstverständlich Frauen und Männer gemeint. Die Verwendung der kürzeren männlichen Form dient ausschließlich der besseren Lesbarkeit.

umsatz. Aufgrund fehlender Regeln zur Bestimmung von Effektgrößen für den Friedman-Test (Cohen 1988, Bortz und Lienert 1998) wurde zur Fallzahlberechnung ein Effektstärken-Surrogat für den Dixon-Mood's Vorzeichentest herangezogen (Ackermann, persönliche Mitteilung). Dieses nachfolgend kurz dargestellte Verfahren ist vergleichsweise konservativ.

Getestet werden sieben abhängige Bedingungen (entsprechend sieben unterschiedlichen Bewegungsangeboten) gleicher Größe bei Verwendung eines zweiseitigen Tests. Als Trennschärfe (Power) wurde $1-\beta=90\%$ angestrebt. Aufgrund der multiplen Paarvergleiche wird zuerst analog zu einer Bonferroni Adjustierung über den Binomialkoeffizienten ein korrigiertes *alpha* errechnet. Dabei gilt:

$$\alpha_{\text{korrigiert}} = \frac{\alpha}{\binom{p}{2}}$$

Mit $p = 7$ Bedingungen über 2 Vergleiche bei einem α von 0,05 ergibt sich:

$$\alpha_{\text{korrigiert}} = \frac{0,05}{\binom{7}{2}} = 0,00238$$

Der in einer Validierungsstudie an einer vergleichbaren Zielgruppe (vgl. Anhang II) ermittelte Unterschied im Energieumsatz zwischen der Fahrradergometrie mit 65W ($24,5 \pm 8,4 \text{ KJ} \cdot \text{min}^{-1}$) und dem Kräftigungszirkel ($29,7 \pm 9,4 \text{ KJ} \cdot \text{min}^{-1}$) wurde als klinisch bedeutsam angesehen. Eine verteilungsfreie Prüfung dieser Daten auf Unterschiede mit dem Vorzeichentest ergibt als Nebenprodukt eine Binomial-Wahrscheinlichkeit von $p = P(X > 0) = 0,000488$. Diese Wahrscheinlichkeit für ein positives Vorzeichen einer Differenz X von gematchten Paaren wird als Surrogat für die Effektstärke verwendet. Die BiAS-Fallzahlberechnung für den Vorzeichentest (Biometrische Analyse von Stichproben, Version 8.2.4, epsilon-Verlag 2006) ermittelte bei Verwendung des korrigierten $\alpha = 0,00238$ und der Binomial-Wahrscheinlichkeit $p = 0,000488$ eine Stichprobengröße von $N=19$, die mit 90%iger Wahrscheinlichkeit zur Validierungsstudie (vgl. Anhang II) konforme Unterschiede zwischen den Bewegungsangeboten aufzudecken vermag. Um ausschließlich vollständige Datensätze in die Untersuchung aufnehmen und auf den Einsatz von Imputationsverfahren verzichten zu können, wurde für die vorliegende Untersuchung eine Dropout Rate von bis zu 25% einkalkuliert und somit die Stichprobengröße auf 26 festgelegt.

4.2 Merkmalsstichprobe

Als Hauptzielparameter wurden die folgenden Kennzahlen der durch Bewegungstherapie induzierten Beanspruchung gewählt:

- Trainingsumfang
- Energieumsatz (EE)
- Relative Intensität
- Zeitanteil moderater und intensiver körperlicher Belastung, definiert als Intensität $>40\%VO_{2R}$ (MVPA-Anteil)
- Beanspruchungsverteilung (grafische Darstellung des Beanspruchungsprofils)

Die Erfassung dieser nach wissenschaftlichen Kriterien ausgewählten Zielparameter erfolgte mittels standardisierter und objektiver Analyse- und Testverfahren. Dabei wurde zum einen die summierte Beanspruchung der Bewegungstherapie einer ganzen Therapiewoche betrachtet, zum anderen verschiedene Bewegungsangebote vergleichend analysiert. Nebenzielparameter waren die Sportpräferenzen der Probanden.

Das gewählte HF-Flex Erhebungsverfahren zur Erfassung der Hauptzielparameter sah vor, die während verschiedener Bewegungsangebote der rehabilitativen Sporttherapie aufgezeichnete Herzfrequenz mit Hilfe einer im Eingangstest ermittelten individuellen HF- VO_2 Regression zur Berechnung der VO_2 bzw. des EE zu verwenden. Das HF-Flex Verfahren wurde bereits an adipösen Kindern und Jugendlichen in der Bewegungstherapie validiert. Die Studie „*Validität herzfrequenzbasierter Energieverbrauchsberechnungen in der pädiatrischen Adipositasstherapie*“ befindet sich in der zweiten Begutachtungsrunde des Revisionsverfahrens der Deutschen Zeitschrift für Sportmedizin und ist dieser Arbeit als Manuskript beigelegt (Anhang II).

Im Folgenden sind die methodischen Teilschritte zur herzfrequenzbasierten Erhebung bewegungstherapieinduzierter Beanspruchung im Detail aufgeführt.

4.3 Erfassung des Trainingsumfangs

Die medinet Spessartklinik Bad Orb hielt für die Jugendlichen individuelle Therapiepläne bereit, auf denen jeweils für die kommende Woche Zeit, Inhalt und Ort aller sport- und bewegungstherapeutischen Interventionen aufgeführt waren. Die Teilnahme war verbindlich und eine Befreiung wurde nur aufgrund von gesundheitlichen Beeinträchtigungen gewährt, so dass die Therapiepläne eine genaue Einschätzung der wöchentlichen Umfänge des strukturierten Bewegungsprogramms erlaubten.

Zusätzlich erhielten die Jugendlichen zu Therapiebeginn ein Aktivitätstagebuch, in dem sie für die Dauer des Therapieaufenthalts den Umfang sämtlicher Sportaktivitäten von mehr als 10 Minuten Dauer innerhalb und außerhalb der strukturierten Bewegungstherapie vermerken

sollten. Direkt im Anschluss an die individuelle Einweisung durch den Testleiter wurde anhand eines fiktiven Beispiels überprüft, ob die Jugendlichen tatsächlich in der Lage waren, dieses Aktivitätstagebuch selbstständig und korrekt zu führen. Den Jugendlichen wurde nahe gelegt, es sich zur Gewohnheit zu machen, das Tagebuch stets abends zu einem bestimmten Zeitpunkt auszufüllen. Zur Verbesserung der Compliance wurden die Kinder einmal wöchentlich daran erinnert, regelmäßig ihre Eintragungen vorzunehmen.

4.4 HF-Flex Eingangstest

Der HF-Flex Eingangstest ermittelte in der zweiten Therapiewoche für jeden Probanden individuell unter standardisierten Belastungsbedingungen im Labor den Zusammenhang zwischen VO_2 (Kriteriumsvariable) und HF (Prädiktorvariable) (Achten und Jeukendrup 2003, Strath et al. 2000, Livingstone et al. 1990) sowie die maximale Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_{2\text{max}}$). Er wurde in einem separaten Raum bei Umgebungsbedingungen durchgeführt, die weitgehend identisch mit der Temperatur (18-22°C) sowie der relativen Luftfeuchtigkeit (40-60%) in der Therapiehalle waren. Potenzielle elektronische Störquellen, welche die Telemetrie beeinträchtigen können, wie beispielsweise Mobiltelefone, waren zum Untersuchungszeitraum deaktiviert. Zur Sicherstellung der internen Validität wurde der Eingangstest stets durch die zwei selben, im Umgang mit den Messgeräten geschulten und erfahrenen Untersuchern durchgeführt. Der Termin für den Eingangstest wurde in Absprache mit der Therapieplanung mindestens 4 h nach der letzten körperlichen Belastung und 2 Stunden postprandial gelegt. Zur Erfassung des Body-Mass Index (BMI) wurde das Körpergewicht ohne Schuhe und mit leichter Bekleidung ermittelt (elektromechanische Säulenwaage SECA 911 mit 50g Teilung, Seca GmbH & Co KG, Hamburg) und die Körpergröße in Zentimeter von einer an der Wand befestigten Messlatte abgelesen.

4.4.1 Atemgasanalyse

Die Atemgasparameter beim HF-Flex Eingangstest wurden durch das mobile, CE-zertifizierte indirekte Kalorimetriesystem Oxycon Mobile (Viasys Healthcare GmbH, Würzburg) erhoben. Das Volumenmesssystem wurde mit Hilfe der systemeigenen automatischen Kalibrationseinheit vor Messbeginn mit 0,2 und 2 l*min⁻¹, die Atemgasanalyseeinheit anhand von Umgebungsluft und Prüfgas (5% CO₂, 16% O₂) kalibriert (Withers et al. 2000). Das Oxycon Mobile verfügt über zwei leichte mobile Messeinheiten (Größe: 126 x 96 x 41 mm, Gewicht: 950 g), die über einen Gurt am Rücken der Probanden fixiert waren. Der Versuchsperson wurde eine flexible Latex-Gesichtsmaske passender Größe angelegt und auf dichten Sitz geprüft. Die Gesichtsmaske bedeckte Mund und Nase des Probanden vollständig und verfügte über einen Ausgang, in den eine bidirektionale Turbine zur opto-

elektronischen Atemvolumenerfassung eingesetzt wurde. Über eine Absaugstrecke wurden Atemgasproben an die mobilen Messeinheiten zur Erfassung der Kriteriumsvariable VO_2 sowie VCO_2 mit Hilfe elektrochemischer bzw. infrarotabsorbierender Sensoren weitergeleitet. Die Telemetrieinheit übermittelt diese Parameter in Echtzeit an einen Computer, wo sie im „breath-by-breath“-Modus für eine spätere softwaregestützte Auswertung gespeichert werden. Abbildung 1 zeigt das vollständig angelegte Atemgasanalysesystem während der Messung.



Abbildung 1: Proband beim HF-Flex Eingangstest mit Atemgasanalysesystem

Zur Vermeidung artifizieller Ergebnisse durch die hohe Variabilität der Messdaten bei Einzelatemzuganalysen (Capelli et al. 2001; Cautero et al. 2002), wurde die Daten im 5-Sekunden Mittel gespeichert. Die Analyse der Messwerte erfolgte systemimmanent über die Berechnung der erfassten Konzentrationen an Sauerstoff (VO_2) und Kohlendioxid (CO_2) unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur und Luftdruckverhältnisse sowie des Gesamt-Ventilationsvolumens. Nach jedem Test erfolgte der Austausch der Turbinen und Absaugstrecken sowie eine Desinfektion und Reinigung der Systemkomponenten.

Studien zur Validität portabler Atemgasanalysesysteme kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Während einige Untersuchungen keine signifikanten Unterschiede für die Bestimmung der VO_2 im Vergleich zu stationären Referenzsystemen fanden (Lucia et al. 1993; Hausswirth et al. 1997; Schulz et al. 1997), ergaben die Ergebnisse anderer

Untersuchungen entweder signifikant höhere (Wideman et al. 1996; McLaughlin et al. 2001) oder niedrigere (Lothian et al. 1993; Peel und Utsey 1993) Messwerte für die Sauerstoffaufnahme. Für das in der vorliegenden Untersuchung eingesetzte Oxycon Mobile System fanden Perret und Mueller (2005) signifikant niedrigere VO_2 -Werte bei hoher Arbeitsleistung im Vergleich zum stationären Referenzsystem Oxycon Pro (Viasys Healthcare GmbH, Würzburg), dessen Reliabilität und Validität bei Vergleichen mit dem Douglas Bag nachgewiesen wurde (Douglas 1911, Rietjens et al. 2001). Das Oxycon Mobile System überschätzt darüber hinaus den respiratorischen Quotient (RQ), so dass eine RQ-basierte Extrapolation von Informationen über die Substratutilisation zur Energieumsatzberechnung nicht hinreichend valide erscheint (Perret und Mueller 2005).

Gemäß den Empfehlungen von Perret und Mueller gewährleistet die durchgängige Verwendung des gleichen Atemgasanalysesystems die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten zwischen den einzelnen Probanden der vorliegenden Studie. Die alleinige Berücksichtigung von VO_2 unter Verwendung eines fixen RQ zur Energieumsatzberechnung (vgl. Kapitel 4.8.1) erlaubt zudem die Vergleichbarkeit der Energieumsatzberechnungen mit anderen Studien.

4.4.2 Herzfrequenz

Die Prädiktorvariable Herzfrequenz wurde kontinuierlich erfasst (Polar T61-Gurt, Polar Electro GmbH, Büttelborn) und über die Telemetrie-Einheit des Atemgasanalysesystems synchron mit den Atemgasparametern zur Offline-Analyse übermittelt. Der am unteren Brustbeindrittel am Brustkorb befestigte Sendegurt zur Übertragung der Herzfrequenzdaten an das Atemgasanalysesystem wurde vor dem Anlegen für eine optimale Übertragung mit Kontaktspray versehen. Aufgrund der hohen Variabilität des kindlichen Bewegungsverhaltens wurden die Messwerte über 5 Sekunden gemittelt. Portable Herzfrequenzmesser mit Brustgurtelektroden gelten bei der EKG-genauen Erfassung der Herzfrequenz in Ruhe und bei körperlicher Aktivität als hinreichend reliabel und valide (Ruha et al. 1997, Achten und Jeukendrup 2003).

4.4.3 Belastungsprotokoll

Vor Messbeginn verbrachten die Probanden 5 Minuten in Rückenlage. Der erste Teil des HF-Flex Eingangstests diente in Anlehnung an Livingstone et al. 1992 der synchronen Ermittlung von HF und VO_2 in relativer Ruhe (3 Minuten Rückenlage, 2 Minuten Sitzen, 1 Minute Stehen). Im zweiten Teil des Eingangstests folgte mit dem modifizierten Bruce-Protokoll (Bruce et al. 1973) ein standardisierter Belastungstest auf dem Laufbandergometer

(Tunturi J6F, Tunturi Oy Ltd., Turku/Finnland), bei dem die Belastung progredient bis zur subjektiven Erschöpfung gesteigert wurde. Die Wahl fiel aus mehreren Gründen auf eine Laufbandergometrie. Eine Mehrzahl der in der Therapie eingesetzten Bewegungsangebote enthielt eine gewichtstragende Komponente und einen hohen Anteil von Laufbewegungen in unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Somit scheint die beim Eingangstest auf dem Laufband erhaltene HF-VO₂ Regression auch näherungsweise repräsentativ für die Belastungsformen in der Therapie. Zudem war es für die Einteilung der individuellen Intensitätsbereiche (relativ zur Sauerstoffaufnahmereserve) notwendig, die höchstmögliche Sauerstoffaufnahme zu ermitteln. Die auf dem Fahrradergometer ermittelte maximale Sauerstoffaufnahme liegt infolge der geringeren eingesetzten Muskelmasse abhängig von Inkrement und Stufendauer im Mittel zwischen 10-20% niedriger als bei der Laufbandergometrie (Meyer und Kindermann 1999, Fleg et al. 2000, Gore 2000).

Die Wahl des Protokolls und speziell die Intensität der ersten Belastungsstufe hat wesentlichen Einfluss auf die Lage des HF-Flex Punkts (vgl. Kapitel 4.5), aber auch auf Parameter der HF-VO₂ Regression (Dauncey und James 1979, Spurr et al. 1988, Livingstone et al. 1990, Livingstone et al. 1992, van den Berg-Emons 1996, Treuth et al. 1998a, Livingstone et al. 2000). Das Bruce-Protokoll sieht eine Eingangsbelastung von 2,7 km/h bei 10% Steigung vor (Bruce 1973). Anhand einer Voruntersuchung wurde jedoch ermittelt, dass einige Probanden aufgrund ihrer geringen kardiopulmonalen Kapazität schon zum Ende der ersten Stufe eine Herzfrequenz von deutlich über 60% der Herzfrequenzreserve aufwiesen und nahe der anaeroben Schwelle arbeiteten. Somit waren einige Jugendliche nicht in der Lage, mehr als die ersten beiden Stufen des ursprünglichen Bruce-Protokolls vollständig zu absolvieren. Daraufhin wurde das Protokoll um zwei leichtere Stufen ergänzt. Tabelle 2 zeigt das modifizierte Belastungsprotokoll.

Stufe	Dauer (min)	Geschwindigkeit (km/h)	Steigung (%)
1	3	1,0	6
2	3	1,8	8
3	3	2,7	10
4	3	4,0	12
5	3	5,5	14
6	3	6,8	16

Tabelle 2: Modifiziertes Bruce-Protokoll im HF-Flex Eingangstest (Bruce 1973)

Kriterien der Ausbelastung waren neben der subjektiven Selbsteinschätzung beginnende

Koordinationsstörungen, ein maximaler respiratorischer Quotient $>1,1$ ein maximales Atemäquivalent > 35 und Herzfrequenzwerte im Bereich von 220 Schlägen/min minus Lebensalter. Die koordinativen Schwierigkeiten für die mit dem Laufband nicht vertrauten Probanden wurden durch die Wahl eines Protokolls mit sehr hoher Steigung minimiert, da zur Ausbelastung durchweg nur geringfügig höhere Geschwindigkeiten als schnelles Walking notwendig waren

Alle Untersuchungen erfolgten in Anwesenheit approbierter Ärzte der medinet Spessart-Klinik Bad Orb. Während der Tests traten keinerlei relative oder absolute Abbruchkriterien nach den Richtlinien der DGK (Trappe und Löllgen 2000) auf, welche die sofortige Beendigung der Ergometrie oder eine medizinische Versorgung des Probanden zur Folge gehabt hätten. Eine vollständige Notfallausrüstung (Trappe und Löllgen 2000) inklusive Defibrillator und Notfallmedikamenten stand jederzeit zur Verfügung.

4.4.4 Ermittlung der maximalen Sauerstoffaufnahme

Die maximale Sauerstoffaufnahme als klassische Messgröße zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit bezeichnet die maximale Sauerstoffmenge, die bei schwerer körperlicher Arbeit aufgenommen werden kann. Sie erfasst alle an der Leistungserbringung beteiligten Mechanismen und stellt als Bruttokriterium kardiopulmonal-metabolischer Kapazität (Howley et al. 1995, Meyer und Kindermann 1999, ACSM 2000, Astrand et al. 2003) einen validen und aussagekräftigen Parameter zur Einschätzung der akuten kardiorespiratorischen Beanspruchung dar (ACSM 2000, Caputo und Denadai 2004). In der vorliegenden Untersuchung erfolgte die Bestimmung der individuellen *peak* VO_2 , der testspezifischen maximalen Sauerstoffaufnahme, über den gleitenden Mittelwert (30 Sekunden) nach manueller Durchsicht der Rohdaten auf Plausibilität im Bereich der Maximalwerte (Howley et al. 1995, Meyer und Kindermann 1999, Withers et al. 2000). Die korrekte Bestimmung der maximalen oder der *peak* VO_2 hat über die Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit hinaus zentrale Bedeutung, weil im späteren Untersuchungsang Beanspruchungskennzahlen relativ zur maximalen oder *peak* VO_2 erhoben wurden. Eine zu niedrig angesetzte aerobe Kapazität würde fälschlicherweise zu einer Überschätzung der Belastungsintensität als auch des Zeitanteils moderater und intensiver körperlicher Belastung während der Therapieeinheiten führen.

Auf die rechnerische Ermittlung der individuellen HF- VO_2 Regression wird im folgenden Kapitel gesondert eingegangen.

4.5 Ermittlung der individuellen HF-VO₂-Relation

Der HF-Flex Punkt (HF_{Flex}), definiert als Mittelwert aus der höchsten HF in Ruhe und der niedrigsten HF unter Belastung (Livingstone et al. 1990), dient zur Diskriminierung zwischen Ruhe- und Belastungsbereich. Oberhalb von HF_{Flex} weist die individuelle HF-VO₂ Relation im Eingangstest einen linearen Zusammenhang auf (Diagramm 5). Um steady state Bedingungen zu reflektieren, geht jeweils nur die letzte Minute einer Belastungsstufe in die Regression ein.

Zur herzfrequenzbasierten VO₂-Ermittlung im Feld wird bei einer HF kleiner als HF_{Flex} der über die drei Ruhe-Bedingungen gemittelte VO₂, bei einer HF größer als HF_{Flex} der HF-VO₂ Regressionskoeffizient herangezogen (Livingstone et al. 1992).

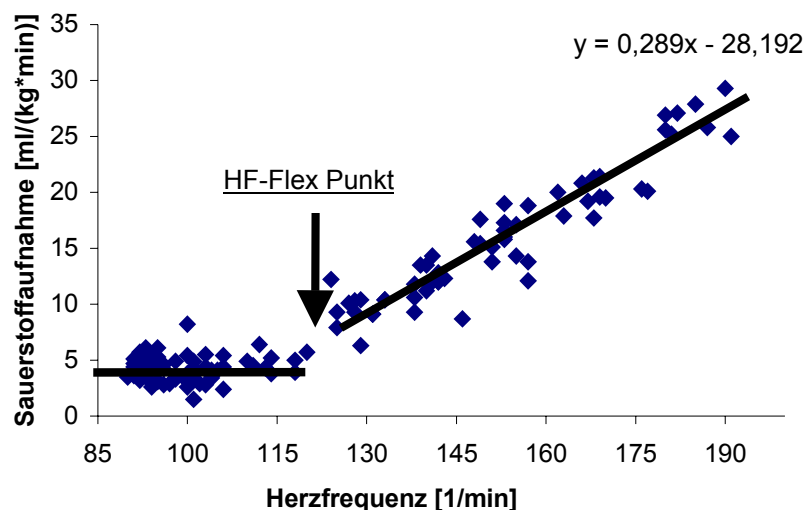


Diagramm 5: Typische HF-VO₂ Relation beim HF-Flex Eingangstest. Die Linien kennzeichnen die mittlere Ruhe-VO₂ und die Belastungs- HF-VO₂ Regression.

4.6 Erfassung der Herzfrequenz in der Therapiestunde

Intensive körperliche Belastungen können temporär die Herzfrequenz beeinflussen (Withers et al. 2000, Astrand et al. 2003). Zum Ausschluss derartiger Ermüdungseffekte wurde die Erhebung der Herzfrequenz in der Therapie im Abstand von mindestens 72 h zum HF-Flex Eingangstest durchgeführt. Weiterhin kann Ausdauertraining insbesondere bei Untrainierten in vergleichsweise kurzer Zeit zu einer reduzierten Herzfrequenz bei gegebener Leistung oder Sauerstoffaufnahme führen (Andrew et al. 1966, Astrand et al. 2003, Bar-Or 2004, Watts et al. 2005) und somit die HF-VO₂ Relation modulieren. Die Aufzeichnung der Herzfrequenz in den durch die Probanden wahrgenommenen Therapieangeboten erfolgte daher im Abstand von maximal 10 Tagen zum HF-Flex Eingangstest. Das Herzfrequenz-

Messsystem bestand zusätzlich zu dem in Kapitel 4.4.2 beschriebenen Brustgurtsender (Polar T61, Polar Electro GmbH, Büttelborn), aus einer Uhr, welche die Daten empfängt und mit einer im 5 Sekunden Mittel aufzeichnet (Polar S-810, Polar Electro GmbH, Büttelborn). Eine Störung des Signals oder die versehentliche Aufzeichnung von Herzfrequenz-Daten anderer, möglicherweise in der Nähe befindlicher Probanden wurde durch eine initiale Sender-Empfänger Codierung ausgeschlossen. Bei Initialisierung des Messsystems befanden sich keine weiteren Sender oder Empfänger in einem Abstand von weniger als 5 Metern.

Parallel wurde auf Basis visueller Observation ein standardisiertes Stundenprotokoll im Zeitverlauf (Auflösung: 15 Sekunden) zur Dokumentation von Ablauf, Inhalten und Belastungsform sowie Umfang der Stunde geführt (Anhang IV). Neben gruppenbezogenen Daten erfasste das Protokoll relevante Informationen zum Verhalten der einzelnen beobachteten Probanden. Zur Synchronisation von Protokoll und HF-Aufzeichnung wurden mit Stundenbeginn zeitgleich HF-Messung und Stoppuhr für das Protokoll gestartet.

Um die Jugendlichen durch das Tragen von Brustgurt und Pulsuhr nicht zu einer höheren Aktivität zu verleiten, wurde ihnen der Zweck der Untersuchung erst nach Beendigung des Herzfrequenz-Monitorings mitgeteilt. Während der Stunde fand keinerlei Interaktion zwischen Untersuchern und Probanden statt, und die Probanden waren vollständig in die Gruppe integriert. Nach Therapieende wurden Brustgurt und Empfänger entfernt und zu einem späteren Zeitpunkt die HF-Daten ausgelesen und digital gespeichert.

4.7 Identifikation der Bewegungsangebote

In der vorliegenden Untersuchung sollten eine Auswahl gewichtstragender und nicht-gewichtstragender Bewegungsangebote in möglichst unterschiedlichen Bewegungsräumen und mit unterschiedlichen Organisationsformen Berücksichtigung finden. Auf Basis der Therapiepläne und nach Auswertung der Protokolle einer Vorab-Beobachtung von Therapiestunden wurde ein Kriterienkatalog zur Auswahl der Bewegungsangebote und deren Einteilung in unterschiedliche Klassen erstellt, der unter anderem folgende Punkte umfasste:

- Eine für die Sport- und Bewegungstherapie adipöser Kinder allgemein gängige Belastungsform, die in ihrer Anwendung nicht nur auf die medinet Spessartklinik beschränkt ist
- Eine Belastungsdauer und –intensität, die eine Steigerung des Energieumsatzes und einen kardiovaskulär wirksamen Trainingsreiz erwarten ließ
- Eine Mindestdauer von 10 Minuten

- Die regelmäßig wiederkehrende Durchführung der Inhalte über den gesamten Zeitraum der stationären Therapie hinweg
- Die Vergleichbarkeit von Belastungsumfang und –intensität innerhalb der gleichen Klasse von Bewegungsangeboten
- Die vergleichbare Durchführung des Bewegungsangebotes auch durch unterschiedliche Therapeuten

Als repräsentative Bewegungsangebote wurden Walking und Wanderungen, Fahrrad-ergometertraining, kleine Spiele, große Spiele, Kräftigungszirkel, Schwimmen und Wasserspiele identifiziert. Eine Auflistung der Inhalte ist Anhang I zu entnehmen.

Unter Verwendung des Protokolls wurden die Herzfrequenz-Daten blockweise den jeweiligen Therapieinhalten zugeordnet. Zur Analyse kamen charakteristische Abschnitte mit einer Minstdauer von 10 min aus den sieben vorgenannten Therapieformen. Ausgewertet wurden ausschließlich vollständige und artefaktfreie Datensätze nach blickdiagnostischer Kontrolle. Daten, die nicht eindeutig einer bestimmten Aktivität zuzuordnen waren, oder die im Widerspruch zum aufgezeichneten Protokoll standen, wurden verworfen.

Diagramm 6 zeigt beispielhaft den Herzfrequenzverlauf von Proband 3 bei einer 36minütigen Therapieeinheit im Hallenbad. Unter Verwendung des Stundenprotokolls (vgl. Anhang IV) wurden die repräsentativen Abschnitte der Stunde identifiziert, nämlich Bahnenschwimmen (00:02:00 - 0:15:15 h) und ein Staffelspiel (0:20:30 h - 0:34:15 h).

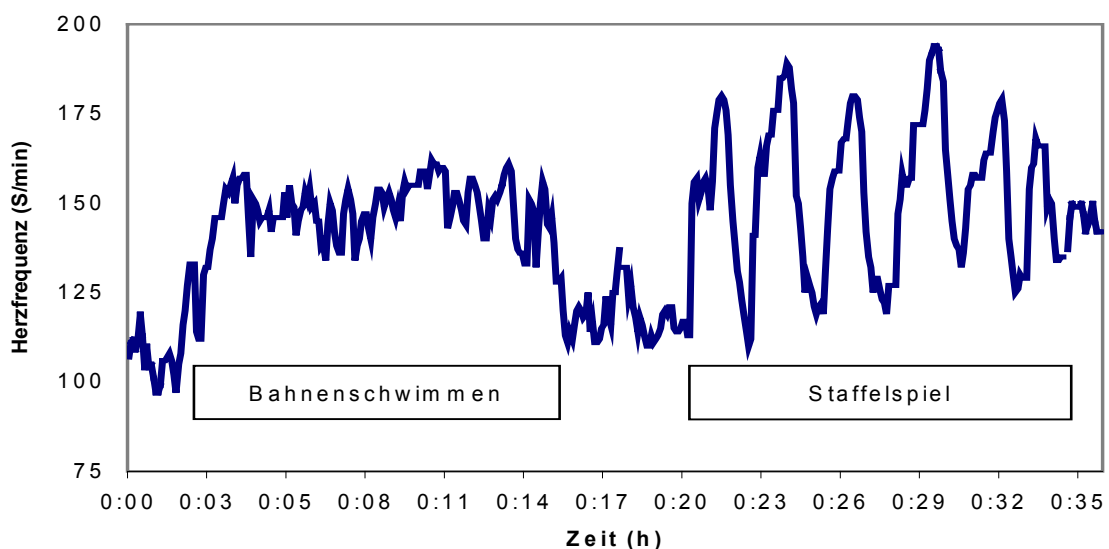


Diagramm 6: Exemplarischer Herzfrequenz-Verlauf eines Probanden bei einer Therapieeinheit im Schwimmbad

4.8 Herzfrequenzbasierte Berechnung der Belastungskenngrößen

Die HF-Aufzeichnung wurde im Weiteren zur indirekten VO_2 Bestimmung benutzt. Bei einer HF unterhalb des individuell identifizierten HF-Flex Punktes wurde die gemittelte VO_2 aus den drei Eingangstest-Ruhebedingungen Liegen, Sitzen und Stehen ($\text{VO}_{2\text{Ruhe}}$) herangezogen, bei einer höheren HF wurde die im Eingangstest ermittelte individuelle Regression zur Berechnung der Sauerstoffaufnahme verwendet (Livingstone et al. 1992).

Für Proband 3 hatte der HF-Flex Eingangstest beispielsweise einen HF-Flex Punkt von 109 ermittelt, eine $\text{VO}_{2\text{Ruhe}}$ von $3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ sowie eine Beziehung zwischen Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme mit der Steigung 0,336 bei einem Offset von -16,76. Die entsprechende Formel zur Berechnung der Sauerstoffaufnahme in $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ lautet daher:

$$=\text{WENN HF} < 109, \text{ DANN } 3,5; \text{ ANSONSTEN } 0,336 * \text{HF} - 16,76$$

Auf diesem Weg wurde für jeden Probanden und jede Therapieform ein VO_2 -Datensatz mit einer Mindestdauer von 10 Minuten bei einer Auflösung von 5 Sekunden generiert, der zur Berechnung der nachfolgend genannten Parameter herangezogen wurde.

4.8.1 Energieumsatz

Zur Ermittlung des Energieumsatzes wurde der auf Basis des HF Monitoring bestimmte mittlere VO_2 Umsatz unter Verwendung des kalorischen Äquivalents in Kilokalorien (kcal) oder Kilojoule (kJ) umgerechnet. Dabei entspricht eine kcal 4,184 kJ und ein kJ 0,239 kcal (Silbernagl et al. 2001). Das kalorische Äquivalent bezeichnet die Energiemenge, die bei der Oxidation von Nährstoffen mit einem Liter Sauerstoff entsteht (de Marées 1989). Bei der Berechnung des Energieumsatzes wird in der vorliegenden Arbeit ein durchschnittlicher RQ von 0,85, entsprechend einem kalorischen Äquivalent von 20,3 KJ pro Liter Sauerstoff, zugrunde gelegt (Silbernagl et al. 2001). Die SI-Einheit für Energieumsatz ($\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$) ist Watt. In Abhängigkeit des jeweiligen Erkenntnisinteresses sowie in Anlehnung an die Einheiten der für Vergleiche gewählten Ergebnisse oder Empfehlungen internationaler Publikationen wird der Energieumsatz in der vorliegenden Arbeit in $\text{MJ} \cdot \text{Tag}^{-1}$, $\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ oder $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ angegeben.

Die Intensität körperlicher Aktivität kann als ein Vielfaches des mittleren Ruheenergieverbrauchs angegeben werden (ACSM 2000). Für diesen Zweck wird häufig das metabolische Äquivalent (metabolic equivalent, MET), oder etwas seltener das körperliche Aktivitätsniveau (physical activity level, PAL) verwendet. Die Sauerstoffaufnahme wird zur Ermittlung der METs durch einen einheitlichen Wert für den Grundumsatz von $3,5 \text{ ml } \text{VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ geteilt, zur Berechnung des PAL durch den vorher individuell ermittelten VO_2 -

Grundumsatz. METs bieten den Vorteil einer hohen Anschaulichkeit und werden daher in der vorliegenden Arbeit als Maß für die absolute Belastung aufgeführt. Da die METs gegenüber dem Energieumsatz keine neuen Informationen liefern, finden sie bei der statistischen Analyse keine Berücksichtigung. Ebenfalls rein deskriptiv wird der intraindividuelle Variationskoeffizient des Energieumsatzes im Stundenverlauf dargestellt. Dieser gibt Auskunft darüber, ob ein Bewegungsangebot eher eine gleichförmige Intensität oder einen intervallartigen Charakter aufweist.

4.8.2 Belastungsintensität

Die mittlere Intensität des Therapieangebots wurde in der vorliegenden Studie als Anteil der mittleren Sauerstoffaufnahme zur im Eingangstest ermittelten individuellen Sauerstoffaufnahmereserve (%VO_{2R}) erfasst. Die Verwendung eines Relativindex für die Belastungsintensität berücksichtigt die Tatsache, dass bei einer gegebenen absoluten Belastung die kardiovaskuläre Beanspruchung in Abhängigkeit der maximalen Leistungsfähigkeit interindividuell differiert (Skinner 2001).

$$\%VO_{2R} = \frac{VO_2 - VO_{2\text{ Ruhe}}}{\text{Peak } VO_2 - VO_{2\text{ Ruhe}}}$$

4.8.3 Anteil moderater bis intensiver körperlicher Aktivität (MVPA-Anteil)

Bei Personen mit gering entwickelter Ausdauerleistungsfähigkeit ist davon auszugehen, dass chronische moderate bis intensive körperliche Aktivität (Intensität über 40%VO_{2R} oder 50%VO_{2max}) kardiovaskuläre Adaptationen induziert (Pate et al. 1998, Pollock et al. 1998, ACSM 2000, Williams et al. 2002, Corbin et al. 2004). Zur Ermittlung des kardiovaskulär trainingswirksamen Zeitanteils eines Bewegungsangebotes (MVPA-Anteil) wurde die summierte Dauer aller Phasen mit einer Intensität über 40% VO_{2R} durch die Gesamtdauer der Erhebung geteilt.

4.8.4 Beanspruchungsverteilung der Bewegungsangebote

Zur deskriptiven Darstellung des Belastungsprofils wurde für jeden Probanden und jedes Bewegungsangebot der Zeitanteil bestimmt, der in 10 Intensitätsbereichen zwischen 0% und 100%VO_{2R} verbracht wurde. Kalkuliert wurde dieser Zeitanteil als die Dauer, die in dem jeweiligen Intensitätsbereich verbracht wurde, geteilt durch die Dauer der gesamten Observation. Anhand der Kurtosis der Beanspruchungsverteilung wurden die Bewegungsangebote in zwei Gruppen mit jeweils charakteristischen Beanspruchungsprofilen eingeteilt. Unterschieden wurden Bewegungsangebote mit einem breit gestreuten Beanspruchungs-

profil (Kurtosis <0 , flache Verteilungskurve) und Bewegungsangebote, bei denen die Beanspruchung in einem eng eingegrenzten Bereich blieb (Kurtosis >0 , steile Verteilungskurve).

4.9 Erfassung der individuellen Präferenzen

Ein selbstadministrierter Fragebogen mit offenen und geschlossenen Antworten erfasste Angebotspräferenzen und sportliche Neigung (vgl. Anhang III). Als Nebenzielparameter fanden die Ränge der von den Kindern nach Beliebtheit sortierten Bewegungsangebote Eingang in die vorliegende Studie.

4.10 Statistische Datenverarbeitung

Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ festgelegt. Zur Anwendung kamen die Datenverarbeitungssysteme Microsoft Excel, SPSS 12.0 und BIAS für Windows. Die deskriptiv-statistische Auswertung erfolgte unter Angabe von Median, absoluter Medianabweichung (median absolute deviation, MAD) als Maß für die Streuung sowie der Range. Die MAD verwendet nicht den Mittelwert, sondern den Median als Lagemaß. Für die Darstellung der Hauptzielparameter kamen zudem Box and Whisker-Plots zum Einsatz.

Unter Berücksichtigung des vergleichsweise geringen Stichprobenumfangs begrenzt sich die vorliegende Arbeit auf die Verwendung von verteilungsfreien Prüfverfahren. Im Sinne einer konservativen Prüfung der Unterschiedshypothesen wurde damit die gegenüber parametrischen Tests geringfügig reduzierte Trennschärfe akzeptiert. Während der Friedman Test im Zweistichprobenvergleich nur 64% der Power seines parametrischen Pendantes aufweist, erhöht sich diese bei Vergleich von 5 abhängigen Gruppen auf 87% und erreicht bis zu 91% (Friedman 1937; Siegel und Castellan 1988).

Die Hauptzielparameter EE, relative Intensität ($\%VO_{2R}$) und MVPA-Anteil werden mittels Rangvarianzanalyse (Friedman-Test) auf Unterschiede zwischen den verschiedenen Bewegungsangeboten geprüft (Friedman 1937). Im Falle eines signifikanten Ergebnisses erfolgt im Anschluss die Anwendung von post-hoc Tests nach Wilcoxon-Wilcox (Wilcoxon und Wilcox 1964).

5 Ergebnisse

Aus der Gruppe von 26 Probanden (10 männlich, 16 weiblich, $13,6 \pm 1,4$ Jahre, BMI $31,8 \pm 4,1$ kg/m²), die den Einschlusskriterien genügten, konnten bei 20 Probanden komplette Datensätze mit je 7 Bewegungsangeboten gewonnen werden. Bei 6 Probanden waren die Daten unvollständig aufgrund von Krankheit, Artefakten und Signalausfällen während der HF-Messung, weil der Therapieplan im Zeitraum der Durchführung der Studie die für die Bewegungsform repräsentativen Inhalte nicht vorgesehen hatte, oder weil die Eltern aus Gründen der religiösen Orientierung die Teilnahme am Schwimmen untersagt hatten. Die fehlenden Werte traten unabhängig von der Ausprägung der untersuchten Hauptzielparameter Energieumsatz und Belastungsintensität (missing at random, MAR) und der Ausprägung anderer untersuchter Merkmale (observed at random, OAR) auf. Die ausgeschlossenen Probanden unterschieden sich in Bezug auf Alter, BMI und Leistungsfähigkeit nicht signifikant von den Probanden, die in die Studie Eingang fanden (Tabelle 3).

	Probanden mit vollständigen Daten N=20	Probanden mit unvollständigen Daten N=6	Mann-Whitney U- Test (Asymptotische Signifikanz)
Alter (Jahre)	13,6±1,4	14,0±1,5	,80
BMI (kg/m ²)	31,8±4,1	33,4±4,5	,36
Peak VO ₂ (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)	30,1±4,9	27,1±4,3	,22

Tabelle 3: Vergleich zwischen Probanden mit vollständigen und mit unvollständigen Datensätzen. Mittelwert ± Standardabweichung.

Aufgrund des nachweislich unsystematischen Dropout (missing completely at random, MCAR) wurde im Verlauf der weiteren Datenauswertung im Sinne der complete-case Analyse eine Objekteliminierung vorgenommen (Rubin 1976, Schafer und Graham 2002). Die N=20 in die Studie aufgenommenen Probanden absolvierten im Eingangstest zwischen 4 und 6 Stufen und wiesen im Mittel eine Peak Sauerstoffaufnahme (VO_{2 Peak}) von $30,1 \pm 4,9$ ml*kg⁻¹*min⁻¹ auf (Tabelle 4).

N=20	Mittelwert \pm Standardabweichung	95% Konfidenzintervall von bis	
Alter (Jahre)	13,6 \pm 1,4	13,0	14,2
BMI (kg/m ²)	31,8 \pm 4,1	30,0	33,6
Peak VO ₂ (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)	30,1 \pm 4,9	28,0	32,3
HF max (1/min)	189,4 \pm 7,9	185,9	192,8
HF Flex Punkt (1/min)	95,7 \pm 12,2	90,4	101,0
HF-VO ₂ Regression: <i>Slope</i>	0,254 \pm 0,045	0,234	0,273
HF-VO ₂ Regression: <i>Offset</i>	-17,94 \pm 5,46	-20,33	-15,55

Tabelle 4: Anthropometrische Daten und Ergebnisse des HF-Flex Eingangstests zur Ermittlung der individuellen HF-VO₂ Relation. Mittelwert \pm Standardabweichung, 95% Konfidenzintervall

5.1 Belastungskenngrößen der gesamten Therapiewoche

Zwischen dem von den Kindern und Jugendlichen geführten Aktivitätstagebuch und den im Therapieplan aufgeführten, sowie durch Untersucher und Therapeuten beobachteten Phasen körperlicher Aktivität zeigten sich erhebliche Diskrepanzen (vgl. Goran 1998, Welk et al. 2000, Kohl et al. 2000, Sirard und Pate 2001). Die Aktivitätstagebücher wurden deshalb bei der Ermittlung des Gesamtumfangs körperlicher Aktivität nicht berücksichtigt.

Die Teilnehmer absolvierten gemäß Therapieplan durchschnittlich 7,5 Stunden (h) Sport und Bewegungstherapie pro Woche (120 Minuten Schwimmen und Wasserspiele, 60 Minuten Kräftigungszirkel, 30 Minuten Fahrradergometrie, 150 Minuten kleine und große Spiele sowie 90 Minuten Walking). Zwei Drittel der Trainingszeit wurde ein strukturiertes, durch einen Sporttherapeuten angeleitetes Übungsprogramm durchgeführt. Die restlichen 2,5h erhielten die Kinder Gelegenheit zur freien und selbstbestimmten Aktivität in vorher ausgewählten Bewegungsangeboten bei Anwesenheit eines Therapeuten oder Erziehers.

Für die Organisation des Trainingsbetriebs (beispielsweise das Erklären neuer Übungen, die Einteilung von Mannschaften und das Anbieten von Feedback), für die Vermittlung edukativer und technisch-taktischer Inhalte sowie durch Verzögerungen beim Trainingsbeginn (längeres Umziehen, Sammeln der Gruppe, vorherige Belegung der Halle etc.) gingen wöchentlich im Schnitt ca. 50 Minuten verloren, so dass gut 10% der geplanten Trainingszeit inaktiv verbracht wurde. Dieser Zeitanteil floss nur in die Berechnung der auf eine vollständige Therapiewoche bezogenen Beanspruchungskenngrößen ein. Die repräsentativen Abschnitte, die für den Vergleich der verschiedenen Bewegungsangebote herangezogen wurden, waren dagegen so ausgewählt, dass sie keine Pausen organisatorischer Art enthielten.

Die nachfolgend aufgeführten Beanspruchungskennzahlen einer Therapiewoche basieren auf einer Mittelung der Daten unterschiedlicher Bewegungsangebote unter Berücksichtigung ihres jeweiligen Anteils an der gesamten Wochentrainingszeit. Der auf Basis des HF-Monitoring unter Verwendung der individuellen HF-VO₂ Regression ermittelte, durch Bewegungstherapie induzierte Netto-Energiemehrumsatz betrug $7,98 \pm 1,47$ (3,64-12,74) MJ pro Woche, entsprechend $1,14 \pm 0,21$ (0,52-1,82) MJ*Tag⁻¹ (Median \pm absolute Mediandeviation, MAD; Range in Klammern). Die relative Intensität körperlicher Aktivität einer Therapiewoche lag bei 36 ± 5 (24-57) %VO_{2R}. Pro Woche wurden $3,5 \pm 0,6$ (1,5-5,6) h oder 47 ± 8 (20-75) % der gesamten Trainingszeit mit moderater oder hoher Intensität (MVPA, definiert als eine Intensität von über 40%VO_{2R}; Pate et al. 1998, Pollock et al. 1998, ACSM 2000, Williams et al. 2002, Corbin et al. 2004) absolviert.

Die relative Belastungsintensität und der MVPA-Zeitanteil lagen bei N=12 Mädchen (35 ± 4 %VO_{2R} bzw. 45 ± 14 %) geringfügig niedriger als bei N=8 Jungen (38 ± 3 %VO_{2R} bzw. 50 ± 5 %). Die individuelle mittlere Belastungsintensität einer Therapiewoche (%VO_{2R}) wies keinen signifikanten linearen Zusammenhang mit Alter, Geschlecht, BMI bzw. *peak* VO₂ auf (Spearman Rangkorrelationskoeffizient $r=0,08$, $0,21$, $0,24$ bzw. $-0,05$). Der Gruppenmedian des Belastungsprofils einer Woche Sport- und Bewegungstherapie ist in Diagramm 7 dargestellt.

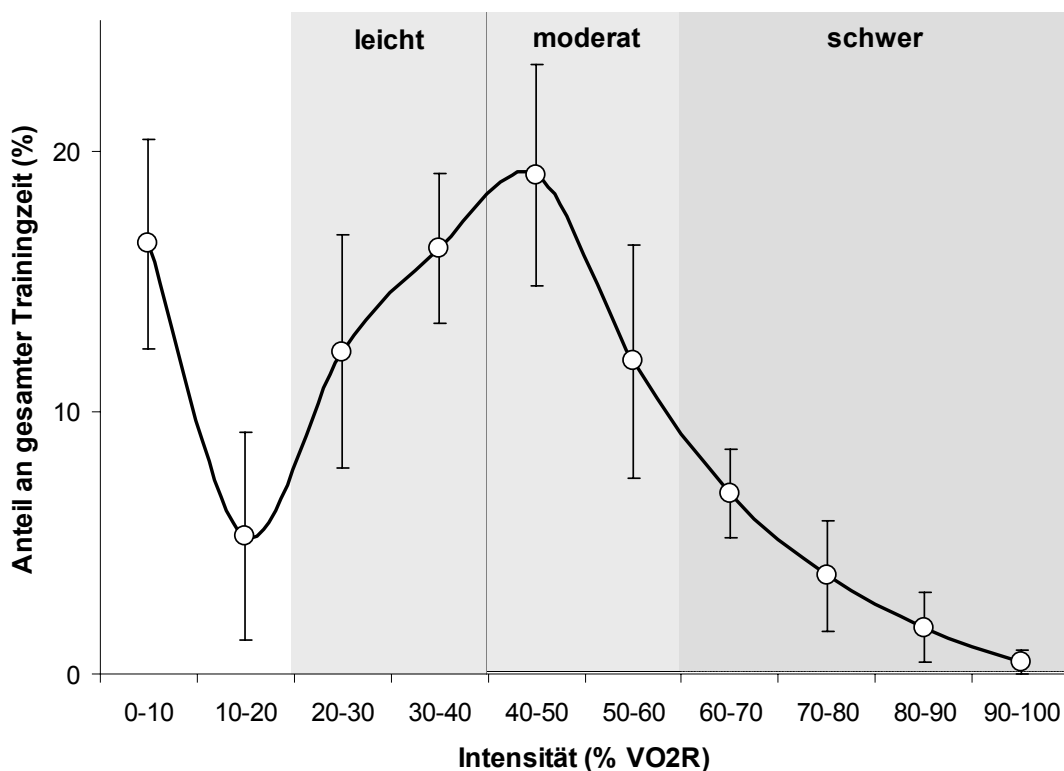


Diagramm 7: Beanspruchungsprofil einer Woche stationärer sport- und bewegungstherapeutischer Intervention adipöser Kinder. Median und absolute Mediandeviation (MAD).

5.2 Belastungskenngrößen spezifischer Bewegungsangebote

In der vorliegenden Untersuchung wurden zur Charakterisierung der sieben untersuchten Bewegungsangebote der Energieumsatz, der intraindividuelle Variationskoeffizient des Energieumsatzes innerhalb einer Therapieeinheit, die relative Belastungsintensität sowie der MVPA-Zeitanteil (Anteil der Trainingzeit über 40% $\text{VO}_{2\text{R}}$) vergleichend erhoben (Tabelle 5).

N=20	EE ($\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	Intraindividueller CV EE (%)	Belastungs- intensität (% $\text{VO}_{2\text{R}}$)	Anteil MVPA (%)	MET
Schwimmen	21,2±4,5 ** (10,3-29,3)	17±4 (4-50)	48±12 ** (15-74)	76±22 ** (1-100)	5,0±1,1 (2,4-6,9)
Wasserspiele	17,5±3,2 * (9,3-26,9)	27±5 (15-43)	43±14 * (23-64)	51±29 (10-97)	4,1±0,8 (2,2-6,3)
Fahrradergometer	20,0±2,3 ** (12,6-27,6)	14±3 (5-25)	47±5 ** (29-60)	87±9 ** (0-99)	4,7±0,5 (2,9-6,5)
Kräftigungszirkel	18,9±2,3 ** (13,0-28,3)	30±6 (20-46)	43±7 ** (32-59)	58±15 (23-88)	4,4±0,5 (3,0-6,7)
Kleine Spiele	18,9±4,2 ** (9,6-28,3)	34±8 (15-71)	40±7 ** (14-83)	55±14 * (4-98)	4,4±1,0 (2,3-6,6)
Große Spiele	23,0±4,5 ** (11,0-33,7)	25±6 (14-42)	51±18 ** (21-82)	71±25 ** (0-99)	5,4±1,1 (2,6-7,9)
Walking und Wanderungen	14,6±2,0 (7,4-19,7)	18±8 (3-63)	28±5 (16-44)	11±11 (0-84)	3,4±0,5 (1,7-4,6)

*Tabelle 5: Energieumsatz (EE), intraindividueller Variationskoeffizient (CV) des EE innerhalb einer Therapieeinheit, Belastungsintensität, Anteil moderater und intensiver Belastung (MVPA) und metabolisches Äquivalent (MET) bei unterschiedlichen Bewegungsangeboten. Median ± absolute Mediandeviation (Range in Klammern). Signifikante Unterschiede zum Walking: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$*

Das HF-Flex Verfahren ermittelte für alle Beanspruchungskenngrößen im Median die geringste Beanspruchung beim Walking². Die höchste absolute und relative Beanspruchung trat bei den großen Spielen auf, den größten relativen Anteil an MVPA enthielt das Fahrradergometertraining. Für die drei als Hauptzielparameter gewählten Belastungskenngrößen ermittelte der Friedman-Test hochsignifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Bewegungsangeboten ($p < 0,001$) bei Friedmans Chi^2 von 28,03, respektive 33,12 und 28,03. Der Energieumsatz, die relative Belastungsintensität und der Zeitanteil moderater und intensiver körperlicher Belastung (MVPA) der untersuchten Bewegungsangebote differieren

² Nachfolgend wird das Bewegungsangebot „Walking und Wanderungen“ der Einfachheit halber als „Walking“ bezeichnet

demnach überzufällig. Multiple post-hoc Vergleiche nach Wilcoxon-Wilcox ergaben, dass sich dabei nur Walking von den anderen Bewegungsangeboten signifikant unterscheidet. Zwischen den weiteren Therapieangeboten Schwimmen, Wasserspiele, Fahrradergometer, Kräftigungszirkel, kleine Spiele und große Spiele traten keine signifikanten Unterschiede zutage (vgl. Tabelle 5).

Diagramm 8, Diagramm 9 und Diagramm 10 stellen die in Tabelle 5 aufgeführten Kenngrößen Energieumsatz, Belastungsintensität und MVPA-Zeitanteil bei den sieben untersuchten Bewegungsangeboten als Boxplot dar. Die Interquartilabstände dokumentieren die in Abhängigkeit von Bewegungsangebot und Belastungskenngröße unterschiedlich stark auftretende Streuung um den Median.

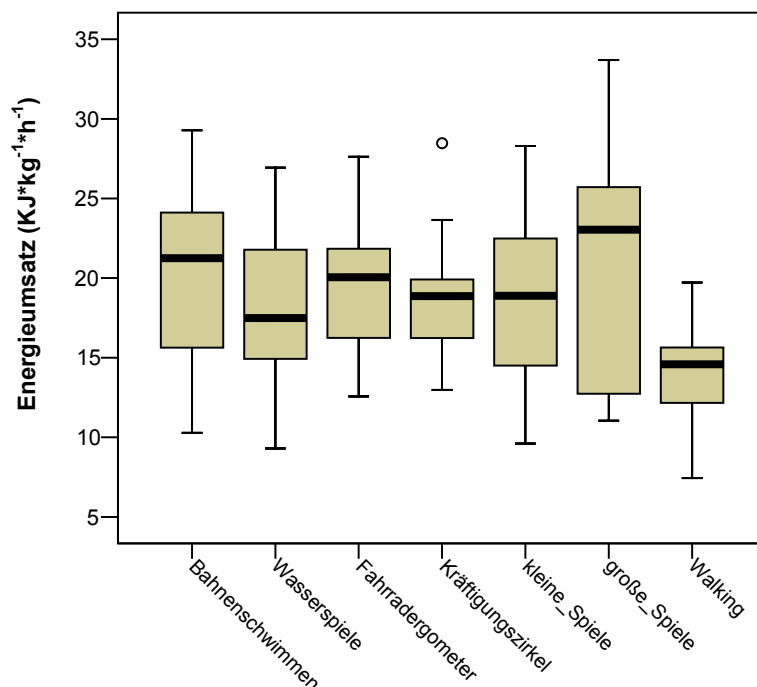


Diagramm 8: Boxplots des Energieumsatzes bei unterschiedlichen Bewegungsformen in der Sporttherapie. Die Box entspricht dem Interquartilbereich (IQR) mit dem Median als Balken. Die feinen horizontalen Linien (Whiskers) geben den minimalen bzw. maximalen Wert an. Ausreißer (Abstand zur Box mehr als der 1,5fache IQR) werden unter Angabe der Probandennummer separat als kleiner Kreis angezeigt.

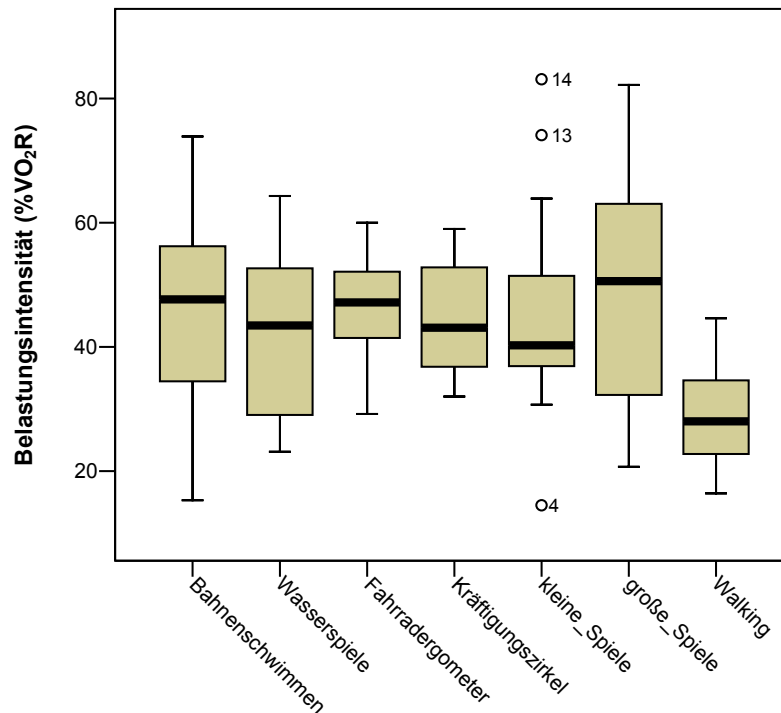


Diagramm 9: Boxplots der Belastungsintensität bei unterschiedlichen Formen der Sport- und Bewegungstherapie. Ausreißer werden unter Angabe der Probandennummer separat als kleiner Kreis angezeigt.

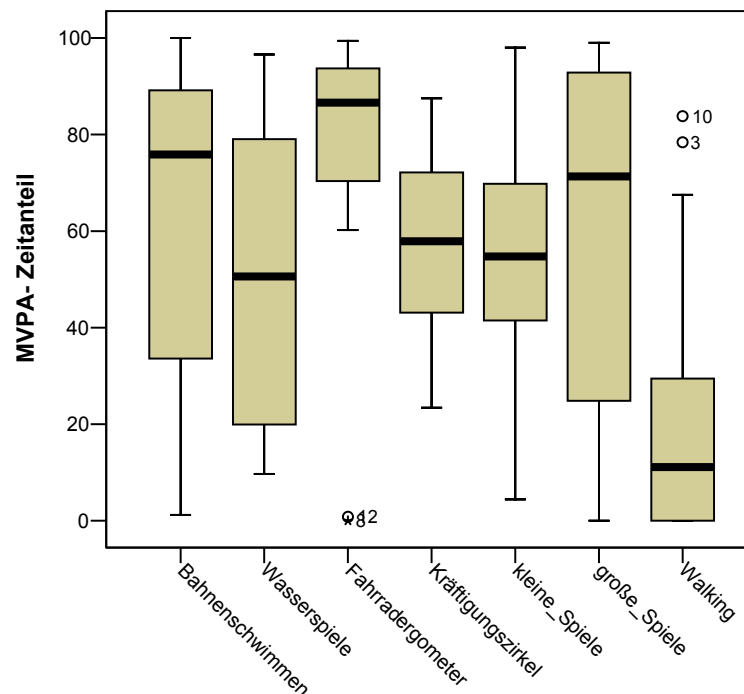


Diagramm 10: Boxplots des Anteils moderater und intensiver Intensität (MVPA, definiert als Intensität > 40%VO_{2R}) bei unterschiedlichen Belastungsformen in der Sport- und Bewegungstherapie. Ausreißer und Extremwerte (Abstand zur Box >1,5-, respektive 3facher IQR) werden unter Angabe der Probandennummer separat als kleiner Kreis, respektive Stern angezeigt.

5.3 Beanspruchungsverteilung

Schwimmen, Wasserspiele, Kräftigungsparcours, kleine Spiele und große Spiele wiesen eine Kurtosis kleiner Null auf und wurden den Bewegungsangeboten mit einem breit gestreuten Beanspruchungsprofil zugeteilt (Diagramm 11), während Walking/Wandern und Fahrradergometrie mit einer Kurtosis größer Null als Bewegungsangebote mit einer steilen Verteilungskurve identifiziert wurden (Diagramm 12).

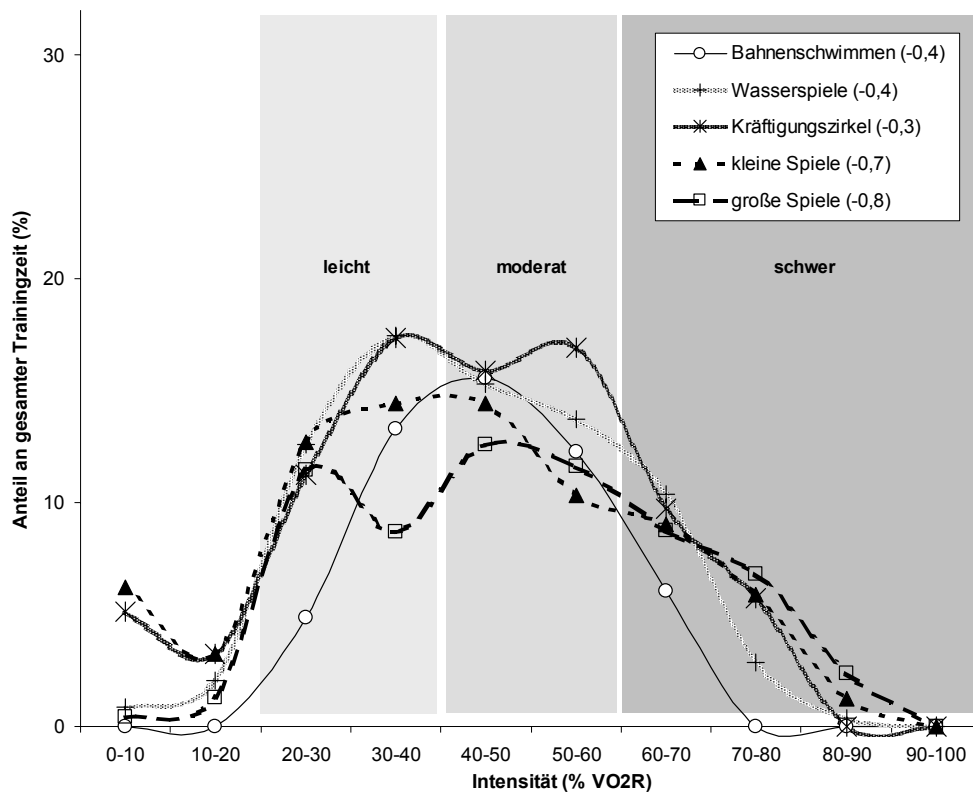


Diagramm 11: Medianwerte der Intensität untersuchter Bewegungsangebote der juvenilen Adipositas therapie mit einer breit gestreuten Beanspruchungsverteilung. Die Kurtosis der Verteilungskurve ist in Klammern hinter dem Bewegungsangebot angegeben.

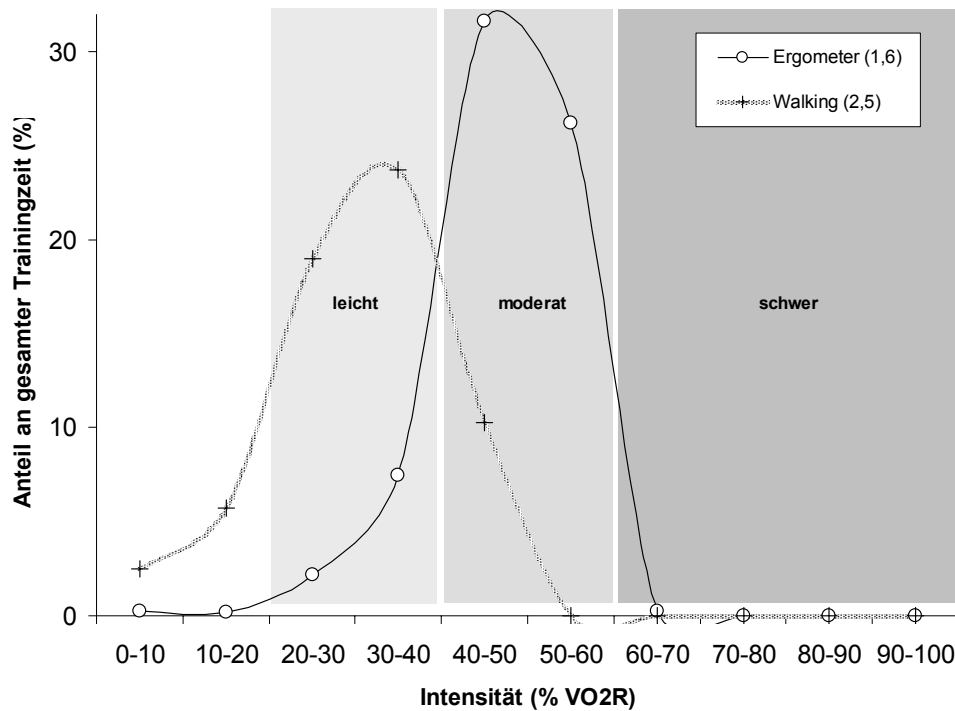


Diagramm 12: Medianwerte der Intensität untersuchter Bewegungsangebote der juvenilen Adipositasstherapie mit einer geringen Streuung der Beanspruchung. Die Kurtosis der Verteilungskurve ist in Klammern hinter dem Bewegungsangebot angegeben.

5.4 Präferenzen

Die Präferenzen der Kinder hinsichtlich der Bewegungsangebote zeigt Tabelle 6. Spiele liegen auf den vorderen und Schwimmen und Fahrradergometrie auf den mittleren Rängen, Kräftigungszirkel und Walking entsprechen weniger den Neigungen der Zielgruppe.

	Beliebtheit (Rang)		
	Gesamte Gruppe N=20	Mädchen N=12	Jungen N=8
Große Spiele	2,00±1,00	3,00±1,00	2,00±0,25
Wasserspiele	2,25±0,75	3,00±1,00	2,00±0,25
Kleine Spiele	3,50±1,50	2,00±1,00	4,75±1,50
Schwimmen	4,00±1,00	4,00±2,00	4,25±0,75
Fahrradergometer	4,25±0,75	5,00±1,00	4,00±0,75
Kräftigungszirkel	6,00±1,00	6,00±1,00	6,25±0,75
Walking	6,00±1,00	7,00±1,00	6,00±0,50

Tabelle 6: Ränge der von den Kindern und Jugendlichen nach Beliebtheit sortierten Bewegungsangebote in der stationären Adipositasstherapie. Median ± Mediandeviation.

Zwischen der relativen *peak*-Sauerstoffaufnahme und den Präferenzen für einzelne Bewegungsangebote ergaben sich keine signifikanten linearen Zusammenhänge (Spearman Rangkorrelationskoeffizienten $r = -0,36$ bis $r = 0,26$). Die Präferenz für kleine Spiele und die individuelle relative Belastung bei diesem Bewegungsangebot ($\%VO_{2R}$) zeigten eine signifikante Korrelation ($r = -0,46$, $p = 0,04$), während zwischen Präferenz und Beanspruchung bei anderen Bewegungsangeboten kein überzufälliger Zusammenhang erkennbar wurde ($r = -0,39$ bis $r = 0,35$).

6 Diskussion

Eine Mehrzahl von Studien zum Bewegungsverhalten von Kindern und Jugendlichen erhebt Daten über einen oder mehrere Tage hinweg (Armstrong et al. 1990, Bailey et al. 1995, Epstein et al. 2001, Riddoch und Boreham 1995, Rowlands et al. 1999, Sleaf und Tolfrey 2001, Mikami et al. 2003, Riddoch et al. 2004), ohne separat Zeitabschnitte mit erhöhter körperlicher Aktivität darzustellen. Die vorliegende monozentrische Querschnittsstudie betrachtet dagegen speziell das Bewegungsverhalten und die Beanspruchung in der pädiatrischen Therapie und vergleicht zudem belastungscharakterisierende Kenngrößen unterschiedlicher Bewegungsangebote.

Im Ergebnis zeigt sich, dass 75% der Kinder und Jugendlichen mit ihrer Teilnahme an der stationären Komplextherapie aktuelle Empfehlungen für moderate bis intensive körperliche Aktivität (30 min täglich) erreichen oder übertreffen (USDHHS 1996, NIH 1996, Jakicic et al. 2001, Williams et al. 2002). Mit Ausnahme von Walking wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Bewegungsangeboten im Hinblick auf den Energieumsatz, die relative Belastungsintensität und den Zeitanteil moderater und intensiver körperlicher Belastung (MVPA) ermittelt. Interindividuell traten dagegen erhebliche Unterschiede hinsichtlich dieser Belastungscharakteristika auf. Bewegungsangebote mit spielerischem Charakter kamen den Neigungen der Zielgruppe näher als Walking oder der Kräftigungszirkel. Neben der grundlegenden Bedeutung der Erprobung und Anwendung objektiver Verfahren zur Evaluation der Prozessqualität (vgl. Kapitel 2.5) weist dieses Ergebnis eine hohe praktische Relevanz für die zukünftige Gestaltung ambulanter und stationärer Therapieprogramme auf (vgl. Kapitel 2.4).

Nachfolgend werden zuerst die Ausdauerleistungsfähigkeit der Heranwachsenden eingeordnet sowie die Methodik des HF-Flex Eingangstests kritisch diskutiert (Kapitel 6.1). Das nächste Teilkapitel (6.2) beleuchtet kurz die Implikation methodischer Limitationen der gewählten HF-Flex Erhebungsmethode für die Interpretation der vorliegenden Ergebnisse und setzt die ermittelten Belastungskenngrößen einer Therapiewoche in Beziehung zu gängigen Empfehlungen für Prävention und Rehabilitation. Im Anschluss rückt mit der ausführlichen Diskussion der Beanspruchungsanalyse einzelner Bewegungsangebote die zentrale Fragestellung der vorliegenden Arbeit in den Vordergrund (Kapitel 6.3). Neben den Hauptzielparametern Energieumsatz, Intensität und MVPA-Anteil werden die Belastungsverteilung sowie die individuellen Präferenzen betrachtet.

Im Sinne einer abschließenden Synthese zieht Kapitel 6.4 Schlussfolgerungen im Hinblick auf die Gestaltung zukünftiger Therapieprogramme und gibt Empfehlungen für die Gestaltung von Therapieprogrammen. Zudem werden Möglichkeiten zur Optimierung der

HF-Flex Methode sowie lohnende Felder für notwendige weitere Forschungsarbeiten aufgezeigt.

6.1 HF-Flex Eingangstest

6.1.1 Bewertung der Ausdauerleistungsfähigkeit des Probandenkollektivs

Während die absolute Sauerstoffaufnahme von Kindern im Zuge des Wachstums von Muskelmasse, Herzgröße und Blutvolumen ansteigt, bleibt die relative Sauerstoffaufnahme bei Jungen fast unverändert und fällt bei Mädchen ab einem Alter von etwa 12 Jahren ab (Rowland 1990b, Malina et al. 2004, Bar-Or 2004). Die in der vorliegenden Untersuchung im Rahmen des Eingangstests ermittelte absolute *peak*-Sauerstoffaufnahme von $2,41 \pm 0,29 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ und $2,87 \pm 0,25 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (Median \pm Mediandeviation) bei weiblichen respektive männlichen Studienteilnehmern liegt im altersbezogenen Normbereich ($2,2$ bzw. $2,8 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, Bar-Or 2004). Die relative *peak* VO_2 liegt bei den Mädchen mit $30,1 \pm 4,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ klar unter der Sauerstoffaufnahme normalgewichtiger Heranwachsender ($41 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; Bar-Or 2004). Noch größer ist die Abweichung zur Norm ($52 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) bei den Jungen, die $31,1 \pm 1,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ aufweisen (Bar-Or 2004).

Die *peak* VO_2 von $30,1 \pm 4,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ relativ bzw. $2,63 \pm 0,52 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ absolut ist somit vergleichbar mit den 2003 publizierten Ergebnissen von Marinov und Kostianev ($29,2 \pm 1,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) bei übergewichtigen Kindern und Jugendlichen zwischen 6-17 Jahren mit einem BMI von $27,4 \pm 1,7 \text{ kg/m}^2$ und von Goran et al. (2000) in einer vergleichbaren Population mit $32,0 \pm 4,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ und liegt geringfügig über den bei Dao et al. (2004) genannten Werten von $26,7 \pm 4,1$ bzw. $27,9 \pm 5,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ für weibliche und männliche Heranwachsende. Mit $19,2 \pm 3,0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ deutlich weniger leistungsfähig zeigten sich stark adipöse Kinder ($12,3 \pm 1,9$ Jahre, BMI $34,1 \pm 4,8 \text{ kg/m}^2$) in einer Untersuchung von Sothorn et al. 2000, ebenso wie Adoleszente mit extremer Adipositas ($41,5 \pm 9,7 \text{ kg/m}^2$) in einem etwas höheren Alter ($14,5 \pm 1,8$ Jahre) mit absolut $1,94 \pm 0,39 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ bei Norman et al. 2005.

Ein mittlerer BMI von $31,8 \text{ kg/m}^2$ entspricht bei männlichen und weiblichen 13-14jährigen einer absoluten Körperfettmasse von jeweils 37 kg (Pietrobelli et al. 1998). Bezieht man die *peak*-Sauerstoffaufnahme nur auf die fettfreie Körpermasse (FFM; 49 bzw. 54 kg), zeigen sich im Vergleich mit normalgewichtigen Kindern und Jugendlichen gleichen Alters bei Mädchen deutliche (49 vs. $58 \text{ ml } \text{VO}_2 \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) und bei Jungen erhebliche Unterschiede (53 vs. $76 \text{ ml } \text{VO}_2 \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Diese Ergebnisse können somit nicht die Aussage verschiedener Autoren wie Wasserman et al. 1994, Ekelund et al. 2004a, Norman et al. 2005 bestätigen, dass adipöse Kinder in ihrer Leistungsfähigkeit allein durch ihr

extremes Körpergewicht eingeschränkt werden. Ob die reduzierte kardiorespiratorische Kapazität möglicherweise auf eine stark verminderte körperliche Aktivität im Alltag zurückzuführen ist (Sothorn 2001), bleibt offen.

Zur Einschätzung der funktionellen Ausdauerleistungsfähigkeit anhand der beim Bruce-Test erreichten Belastungsstufe bieten sich Normwerte von Cumming et al. (1978) an. Danach erfolgt der Belastungsabbruch bei gesunden, normalgewichtigen 13-15jährigen Jungen im Median nach 14,3 Minuten, bei Mädchen nach 11,5 Minuten. Subtrahiert man 6 Minuten zur Berücksichtigung der zwei zusätzlichen Stufen des vorliegenden Protokolls (vgl. 4.4.3), beendeten die männlichen und weiblichen Heranwachsenden den Test nach $8,8 \pm 1,7$ bzw. $9,7 \pm 1,9$ Minuten. Analog zur VO_2 ist somit die Reduktion der funktionellen Ausdauerleistungsfähigkeit bei den männlichen Untersuchungsteilnehmern wesentlich stärker ausgeprägt.

In Übereinstimmung mit einer Mehrzahl bisher publizierter Studien zeigte sich für das adipöse Probandenkollektiv eine erhebliche Streubreite der VO_2 -Messwerte von absolut $1,77 - 3,70 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ und relativ $21,5 - 38,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Becque et al. 1988, Gutin et al. 1995, Goran et al. 2000, Sothorn et al. 2000, Dao et al. 2004, Malina et al. 2004, Norman et al. 2005, Carrel et al. 2005, Watts et al. 2005). Diese Divergenzen lassen sich zum Teil auf Geschlecht, Alter, anthropometrische Variablen und verschiedene Lebensstilfaktoren zurückführen, die insbesondere in der Pubertät zum Tragen kommen (Meyer & Kindermann 1999, Bacquet et al. 2003, Malina et al. 2004). Studien von Bouchard et al. (1999) und Wolfarth et al. (2005) deuten auf eine 60-85%ige genetische Determination der maximalen Sauerstoffaufnahme hin. Wenn auch limitiert, wird dem körperlichen Aktivitätsniveau im Alltag ein Einfluss auf die $\text{VO}_{2\text{max}}$ zugeschrieben. Studien zur Verbesserung der absoluten Sauerstoffaufnahme adipöser Kinder nach ambulanter oder stationärer Bewegungstherapie kommen zu uneinheitlichen Ergebnissen (Watts et al. 2005; vgl. Kapitel 2.4.3). Zukünftig erscheint die Quantifizierung der durch die Bewegungsintervention induzierten Beanspruchung sinnvoll, wobei analog zur vorliegenden Untersuchung objektive Verfahren zu verwenden sind (Kohl et al. 2000, Watts et al. 2005).

6.1.2 Methodische Überlegungen zum HF-Flex Eingangstest

6.1.2.1 Ermittlung der aeroben Kapazität

Die Ermittlung der relativen Belastungsintensität als eine primäre Zielgröße der vorliegenden Untersuchung erfordert die valide Bestimmung der kardiorespiratorischen Kapazität. Zwar ist eine Ausbelastung für die Validität der HF- VO_2 Regression und der nachfolgenden Energieumsatzberechnung nicht relevant (Livingstone et al. 1990, Livingstone et al. 1992). Jedoch

fußt eine Analyse der individuellen Belastungsintensität relativ zur Sauerstoffaufnahme-reserve auf der Annahme, dass beim HF-Flex Eingangstest eine Ausbelastung gemäß der in Kapitel 4.4.4 skizzierten Kriterien vorlag (Howley et al. 1995, Meyer und Kindermann 1999, Withers et al. 2000, Platen 2001). Ein vorzeitiger Abbruch der Belastungsergometrie und die daraus resultierende Unterschätzung der maximalen Sauerstoffaufnahme würde zu einer entsprechenden Überschätzung der relativen Beanspruchung während der Therapie führen. Howley et al. (1995) und Meyer und Kindermann (1999) führen an, dass in der Praxis insbesondere bei Untrainierten eine hinreichende Ausbelastung häufig erschwert wird, da bei dieser Zielgruppe keine Gewöhnung an sportliche Erschöpfung vorliegt. Zudem empfinden ein Teil der Probanden nach eigener Aussage das Atmen mit maximaler Frequenz durch die Maske als unangenehm. Dieser Problematik wurde durch die Wahl eines adäquaten, bewährten Belastungsprotokolls (Bruce 1973) zu begegnen versucht (vgl. Kapitel 4.4.3). Eine zu kurze Anlaufzeit von Belastungstests birgt aufgrund der Trägheit sauerstoffliefernder Prozesse das Risiko einer Unterschätzung der tatsächlichen maximalen Sauerstoffaufnahme, wohingegen eine zu lange Belastungsdauer die Wahrscheinlichkeit eines vorzeitigen Belastungsabbruchs infolge einsetzender muskulärer Ermüdung oder Dyspnoe erhöht (Meyer und Kindermann 1999, Withers et al. 2000, Platen 2001). Demzufolge sind nach Wonisch et al. (2003) für eine Erfassung der maximalen Sauerstoffaufnahme am ehesten Belastungstests mit einer Dauer zwischen 8 und 17 Minuten geeignet. Das eingesetzte modifizierte Bruce-Stufenprotokoll (1973) wurde von allen Probanden nach einer Dauer von 13,5 bis 18 Minuten beendet, gewährte somit eine optimale Belastungsdauer und kann für Folgestudien als richtungsweisend gelten.

6.1.2.2 Kriterien der Ausbelastung

Ein trotz steigender Belastung inadäquater Anstieg der Sauerstoffaufnahme im Grenzbereich der Leistungsfähigkeit (Levelling-Off der VO_2) gilt als wichtiges Kriterium bei der messwertgestützten Objektivierung einer Ausbelastung und als Zeichen für das Erreichen der maximalen Sauerstoffaufnahme (Heck 1990, Howley et al. 1995, Meyer und Kindermann 1999, Withers et al. 2000, Platen 2001). In der vorliegenden Studie wurde jedoch aus zwei Gründen auf das VO_2 Levelling-Off als Ausbelastungskriterium verzichtet. Zum einen wird berichtet, dass bei Kindern trotz maximaler Ausbelastung ein Levelling-Off der VO_2 nicht in jedem Fall herbeizuführen ist (Rivera-Brown et al. 2001, Malina et al. 2004). Beispielsweise konnte Rowland 1993 bei wiederholten supramaximalen Tests nur bei einem Drittel der untersuchten Kinder ein Levelling-Off erkennen. Zum anderen hätte die Heranziehung des VO_2 Levelling-Off als Beurteilungskriterium der Ausbelastung einen häufigeren Belastungswechsel bei kürzerer Stufendauer oder die Verwendung eines rampenförmigen Protokolls verlangt (Howley et al. 1995, Meyer und Kindermann 1999, Withers et al. 2000). Zur

Ermittlung der HF- VO_2 Regression sind jedoch Steady State Bedingungen und somit eine Stufendauer von 3 Minuten nötig (Spurr 1988, Livingstone et al. 1992).

Da zudem nur 16 von 20 Probanden trotz verbaler Motivation am Ende der Belastungs-ergometrie ein maximales Atemäquivalent von über 35, einen maximalen respiratorischen Quotient (RQ) von über 1,1 sowie eine prognostizierte maximale Herzfrequenz von 220 minus Lebensalter (Heck 1990, Meyer und Kindermann 1999, Withers et al. 2000) erreichten, spricht die vorliegende Studie nicht von maximaler Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_{2\text{max}}$), sondern von der höchsten beobachteten Sauerstoffaufnahme (*peak* VO_2). Es kann mithin nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass in Einzelfällen die aerobe Kapazität unterschätzt wird, was eine Überschätzung der relativen Belastungsintensität während der Bewegungstherapie zur Folge hat. Für eine ausführliche Diskussion der $\text{VO}_{2\text{max}}$ -Kriterien sei auf Howley et al. 1995 verwiesen.

6.1.2.3 Verzicht auf allometrische Skalierung der VO_2

Die Definition der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme als die verstoffwechselte Menge an Sauerstoff pro Kilogramm Körpergewicht pro Minute ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) deutet auf einen linearen Zusammenhang zwischen Sauerstoffverbrauch und Körpermasse hin, der den tatsächlichen biologischen Verhältnissen nicht voll gerecht wird (Berg et al. 2001). Bei dieser Darstellung wird die Arbeitskapazität von Personen mit geringem Körpergewicht überbewertet und von übergewichtigen Personen unterbewertet. Einige Autoren empfehlen daher, für Vergleiche der Sauerstoffaufnahme bei Personen mit deutlich unterschiedlichem Körpergewicht die Einheit $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-0.75}\cdot\text{min}^{-1}$ zu verwenden (Rowland 1990a, Eston et al. 1998, Beunen et al. 2002, Chamari et al. 2005). Diese ursprünglich aus der Zoologie bekannte allometrische Skalierung wird an anderer Stelle detailliert diskutiert (Berg et al. 2001, Astrand et al. 2003,). Das allometrische Verfahren hat sich bisher jedoch in der Sportmedizin nicht durchgesetzt. Unter den für die vorliegende Arbeit gesichteten Publikationen mit Angaben zur maximalen Sauerstoffaufnahme von Kindern und Jugendlichen verwenden nur Eston et al. 1998 das allometrisch skalierte Körpergewicht als Bezugsgröße.

6.1.2.4 Validität des verwendeten Atemgas-Analysesystems

Nach Herstellerangaben liegt die Messgenauigkeit des Oxycon Mobile Systems für die Ventilation und die Sauerstoffaufnahme bei 2%, respektive 3% (Jäger 2002). Methodenkritisch ist anzumerken, dass einige Studien der portablen Atemgasanalyse gegenüber festen Systemen eine geringere Validität attestieren. Obwohl die VO_2 im Unterschied zu weiteren ventilatorischen Parametern, wie beispielsweise der VCO_2 , gegenüber exogenen Störfaktoren vergleichsweise stabil ist (Meyer et al. 2005), ermittelten Perret und Mueller (2005) große Individualdifferenzen des Oxycon Mobile zur Referenz, dem stationären

Atemgasanalysesystem Oxycon Pro (Viasys Healthcare, Würzburg). Die von Perret und Mueller publizierten Bland und Altman-Plots weisen darauf hin, dass die Abweichung der Messwerte im niedrigen bis mittleren Intensitätsbereich relativ gering ist, jedoch mit steigender Intensität erheblich zunimmt. Abweichend von den Angaben des Herstellers kann daher eine Verfälschung der Messwerte für die individuelle Ausdauerleistungsfähigkeit anhand der *Peak* VO_2 , aber auch zur Ermittlung der HF- VO_2 Regression für die vorliegende Studie nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die Resultate von Perret und Mueller (2005) erfahren aber eine Relativierung, da die Validierung des Oxycon Mobile Systems nicht direkt am Gold-Standard, der Douglas-Bag Methode, erfolgte. Eine indirekte Prüfung von Messsystemen geht mit einer reduzierten Aussagekraft einher (Meyer et al. 2005). Zudem ist die Sensorik des Oxycon Mobile nach Angaben des Herstellers inzwischen weiterentwickelt worden.

Katch et al. (1982) ermittelten für eine kleine Stichprobe trainierter Athleten bei Messwiederholungen eine intraindividuelle Standardabweichung der Sauerstoffaufnahme von 5,6%, und führen davon 90% auf die biologische Variabilität zurück. Withers et al. (2000) fanden bei an das Belastungsprotokoll gewöhnten Athleten eine Standardabweichung von intraindividuell 2,2%. Die Reliabilität von Messungen der VO_2 bei Kindern ab 10 Jahren ist mit der von Erwachsenen vergleichbar (Malina et al. 2004). Unter Berücksichtigung der speziellen Voraussetzungen der vorliegenden Stichprobe sowie des technischen Messfehlers des verwendeten Gerätes kann jedoch eine Variabilität von über 5% nicht ausgeschlossen werden.

6.2 Belastungskenngrößen der gesamten Therapiewoche

Eine evidenzbasierte Gestaltung und Verbesserung von Interventionen setzt objektive Informationen über das tatsächliche Bewegungsverhalten von Kindern im therapeutischen Setting voraus. Mit Hilfe der HF-Flex Methode wurde in der vorliegenden Untersuchung unter anderem der Umfang moderater bis intensiver körperlicher Aktivität (MVPA) adipöser Kinder in der stationären Bewegungstherapie quantifiziert. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen die als Hypothese H 1 formulierte Annahme, dass während der Therapie im Gruppenmedian wöchentlich mehr als 150 Minuten MVPA akkumuliert werden. Mit ihrer Teilnahme an der Sport- und Bewegungstherapie entsprechen dabei 15 von 20 Kindern und Jugendlichen gängigen Forderungen zu Umfang und Intensität körperlicher Aktivität (USDHHS 1996, NIH 1996, Jakicic et al. 2001, Williams et al. 2002). Der Anteil leichter, moderater und intensiver körperlicher Aktivität im Rahmen der Teilnahme an der Bewegungstherapie betrug im Gruppenmedian 30%, 30% und 17%.

Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse müssen mögliche methodische Limitationen der Erhebungsmethode Berücksichtigung finden. Die Messung der Herzfrequenz erfasst körperliche Aktivität nicht direkt, sondern nur die Reaktion des Organismus auf Bewegung. Sie ist das Mittel der Wahl für eine objektive Erfassung von Sport- und Bewegungsverhalten im Feld mit kleinen und mittleren Stichprobengrößen (Livingstone et al. 2003b). Eine zielgruppenspezifische Validierung der HF-Flex Methode anhand der Bewegungsangebote Fahrradergometrie, Ballspiele, Kräftigungszirkel und 6-Minuten Lauf (vgl. Anhang II) ergab, dass das Verfahren nicht für die individuelle Bestimmung von Belastungskenngrößen geeignet ist, jedoch eine Einschätzung auf Gruppenebene erlaubt. Zudem hängt die Validität der HF-Flex Methode davon ab, inwieweit sich Kalibrierungs- und Erhebungsaktivität entsprechen. Insbesondere bei intervallartigen Belastungsformen mit statischer Muskelarbeit und auf dem Fahrradergometer wird der Energieumsatz überschätzt (vgl. Anhang II). Dies korrespondiert mit Ergebnissen von Londeree et al. 1995, nach denen sich die HF- VO_2 Beziehung verschiedener gewichts-tragender Bewegungsformen nicht unterscheidet, diese jedoch von Belastungsformen wie Rudern und Fahrradfahren abweicht. Für eine weitere Diskussion der Validität der HF-Flex Methodik wird auf Anhang II verwiesen.

Nach Ermittlung der Sauerstoffaufnahme über die individuelle HF- VO_2 -Relation findet zur Berechnung des Energieumsatzes das kalorische Äquivalent Verwendung. Es bezeichnet die Energiemenge, die bei der Oxidation von Nährstoffen mit einem Liter Sauerstoff entsteht (vgl. de Marées 1989). Für eine möglichst exakte Ermittlung des Energieumsatzes ist die genaue Kenntnis des Mengenverhältnisses der verbrannten Nährstoffe Voraussetzung (Silbernagl et al. 2001). Der respiratorische Quotient (RQ) erlaubt näherungsweise Rückschluss auf dieses Mengenverhältnis und schwankt beim Abbau der Substrate Kohlenhydrate und Fette bei ausgeglichener Energiebilanz zwischen 0,7 und 1,0 (Silbernagl et al. 2001, de Marées 1989). Bei der Berechnung des Energieumsatzes wurde in der vorliegenden Untersuchung ein durchschnittlicher RQ von 0,85, entsprechend einem kalorischen Äquivalent von 20,3 KJ pro Liter Sauerstoff, angenommen. Dies führt im hohen Intensitätsbereich zu einer geringen Unterschätzung des tatsächlichen Energieumsatzes von maximal 2% (Fröhlich und Schmidt 2006).

6.2.1 Energiemehrumsatz

Für dekonditionierte Patienten ist eine Gewichtsreduktion mit Hilfe körperlicher Aktivität aufgrund ihrer gering ausgeprägten Fähigkeit, über längere Zeit eine hohe Energieumsatzrate aufrecht erhalten zu können, schwieriger zu erreichen (Strong et al. 2005). Allerdings sind ehemals inaktive Patienten in der Lage, in vergleichsweise kurzer Zeit deutliche Verbesserungen der Ausdauerleistungsfähigkeit zu erzielen (Watts et al. 2005). Im

Ergebnis betrug der therapieinduzierte Netto-Energiemehrumsatz des untersuchten Bewegungsprogramms $7,98 \pm 1,47$ (3,64-12,74) MJ pro Woche (Median \pm absolute Mediandeviation, MAD; Range in Klammern). Bei vergleichbaren internen und externen Bedingungen kann demzufolge mit einer Stunde Sport- und Bewegungstherapie bei adipösen Mädchen und Jungen ein mittlerer Mehrumsatz von 0,97 und 1,15 MJ induziert werden. Dass der Energieumsatz nach Belastungen temporär erhöht ist (EPOC, *excess post-exercise oxygen consumption*) dürfte den günstigen Einfluss auf die Energiebilanz verstärken (Gillette et al. 1994, Short und Sedlock 1997, Laforgia et al. 1997, Borsheim und Bar 2003). Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass das Bewegungsprogramm für alle Teilnehmer den gleichen Umfang aufwies, erscheint die Spannweite des Energieumsatzes erheblich und lässt sich nur teilweise durch die große Variabilität des Körpergewichts der untersuchten Population erklären (60,3-126,7 kg). Es ist vielmehr zu vermuten, dass neben Differenzen in der aeroben Kapazität – und somit der Fähigkeit, pro Zeiteinheit eine große Substratmenge zu verstoffwechseln (vgl. Kapitel 6.1.1) – auch eine unterschiedlich stark ausgeprägte Bewegungsbereitschaft eine Rolle gespielt haben.

Geht man nach der Regressionsgleichung von Torun (2001) von einem Gesamtenergieumsatz von $10,5 \text{ MJ} \cdot \text{Tag}^{-1}$ (Mädchen) und $16,3 \text{ MJ} \cdot \text{Tag}^{-1}$ (Jungen) aus, dann erhöht sich bei den weiblichen Teilnehmerinnen der vorliegenden Untersuchung der Wochenenergieumsatz durch die Sport- und Bewegungstherapie mit 9,9% deutlich stärker als bei den männlichen Teilnehmern mit 7,5% (Netto-Mehrumsatz 1,04 bzw. $1,23 \text{ MJ} \cdot \text{Tag}^{-1}$). Möglicherweise ist dies unter anderem auf deren relativ zur Normalpopulation weniger stark reduzierte körperlgegewichtsbezogene kardiorespiratorische Kapazität zurückzuführen (vgl. Kapitel 6.1.1).

Eine Verknüpfung dieser prozessbezogenen Informationen mit dem therapeutischen Outcome erscheint zur Einschätzung der therapeutischen Ergebnisqualität für Patienten, Therapeuten und Kostenträger sowie zur Ermittlung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen sinnvoll (Kohl et al. 2000, Watts et al. 2005, Jaeschke 2005). Die vierwöchige Teilnahme an der in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Bewegungsintervention als Teil einer Komplextherapie führte bei einer Stichprobe Heranwachsender ($13,7 \pm 1,5$ Jahre, BMI $33,9 \pm 4,2 \text{ kg/m}^2$, $\text{VO}_{2\text{max}}$ $25,4 \pm 4,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) zu einer Gewichtsreduktion von $5,7 \pm 2,1 \text{ kg}$ (Thiel et al. 2005). Aufgrund der parallel stattfindenden Ernährungsumstellung sowie fehlender objektiver Informationen über körperliche Aktivitäten außerhalb des therapeutischen Settings kann jedoch der relative Beitrag der Bewegungsintervention zu diesem Therapieergebnis nicht präzise ermittelt werden.

Es ist denkbar, dass Teilnehmer an einem Bewegungsprogramm den damit verbundenen energetischen Mehrumsatz mit reduzierter körperlicher Aktivität in ihrer Freizeit kompensieren, und die Tagesenergiebilanz aus diesem Grund unverändert bleibt. Blaak et

al. haben diese Fragestellung untersucht und berichten, dass bei übergewichtigen Jungen während eines strukturiertes Trainings (wöchentlich 5x45 Minuten Fahrradergometrie bei 50-60% VO_{2max}) das spontane Bewegungsverhalten außerhalb der Trainingzeiten sowie der basale Energieumsatz unverändert bleibt. Der gruppenmittlere Tagesenergieumsatz war um 12% erhöht, was zu 50% auf den unmittelbar erhöhten Energieumsatz beim Training und zu 50% auf einen gesteigerten Energieumsatz außerhalb der Trainingszeit zurückgeführt werden kann (Blaak et al. 1992). Meijer et al. fanden nur bei Männern, nicht jedoch bei Frauen einen therapieinduziert überproportional gesteigerten Energieumsatz ohne Änderung des Bewegungsumfangs außerhalb der Übungszeit (Meijer et al. 1991). Van Dale et al. sahen keine Hinweise auf eine außerhalb der Therapie reduzierte körperliche Aktivität übergewichtiger Frauen nach einer kombinierten Diät- und Bewegungsintervention (Van Dale et al. 1989). Diese Ergebnisse legen nahe, dass ein Therapieprogramm mit bewegungstherapeutischer Schwerpunktsetzung den Energieumsatz außerhalb des Bewegungstrainings nicht negativ beeinflusst, oder sogar erhöht.

Bei der Evaluation der Wirkung therapeutischer Intervention auf den Gesamtenergieumsatz (ADMR) wird meist der gesamte aktivitätsinduzierte Energieumsatz (AEE) eines Tages ohne separate Betrachtung der energetischen Kosten für die Teilnahme an strukturierten Bewegungsprogrammen ermittelt (Treuth et al. 1998, Lazzer et al. 2005). Nur wenige Studien erlauben daher eine valide Einschätzung des unmittelbaren Einflusses einer Bewegungsintervention auf die ADMR adipöser Kinder oder Jugendlicher. Bei Berücksichtigung der differierenden Belastungsgestaltung scheint die in der vorliegenden Untersuchung ermittelte ADMR-Steigerung (7,5h Bewegungsintervention/Woche bei $44 \pm 6\%$ VO_{2max} : ADMR +7,5%) nicht das von Blaak et al 1992 gefundene Ausmaß zu erreichen (3,75h/ Woche bei 50-60% VO_{2max} : ADMR +6%).

In einigen Publikationen ist der im Alltag spontan akkumulierte aktivitätsinduzierte Energieumsatz (AEE) angegeben, oder er lässt sich über die Differenz zwischen Gesamtenergieumsatz und Ruheumsatz plus postprandialer Thermogenese indirekt ermitteln. Livingstone et al. (1992) kommen bei 12- und 15jährigen normalgewichtigen Jugendlichen auf einen AEE von 4,07 und 4,6 $MJ \cdot Tag^{-1}$, Lazzer et al (2003) bei 12-16jährigen Normal- und Übergewichtigen in Abhängigkeit von Geschlecht, Berechnungsmethode und Körpergewicht auf Werte zwischen 2,61 und 6,21 $MJ \cdot Tag^{-1}$, und Maffei et al. (1995) bei einer etwas jüngeren Population Normal- und Übergewichtiger auf 5,52 und 5,36 $MJ \cdot Tag^{-1}$. Aufgrund des längeren Beobachtungszeitraumes und der Berücksichtigung auch leichter körperlicher Aktivitäten erscheint jedoch ein Vergleich zwischen Tages-AEE und den energetischen Bruttokosten der Bewegungstherapie in der vorliegenden Untersuchung ($1,67 \pm 0,22 MJ \cdot Tag^{-1}$) nicht statthaft.

6.2.2 Relative Intensität

Bei Betrachtung des gesamten Bewegungsprogramms liegt der Median der relativen Intensität (relativ zur individuellen maximalen Leistungsfähigkeit) mit $36 \pm 5\%$ VO_{2R} , entsprechend $44 \pm 6\%$ VO_{2max} , im Bereich leichter körperlicher Aktivität. Dieses Ergebnis korrespondiert gut mit der mittels indirekter Kalorimetrie von Lazzer et al. 2002 im Schulsportunterricht erfassten gruppendurchschnittlichen Intensität von $38,7\%$ VO_{2max} für adipöse und 51% VO_{2max} für normalgewichtige Kinder (nicht publizierte Beobachtung, erwähnt in Lazzer et al. 2003). Der Median der Intensität liegt damit vor dem Hintergrund gängiger Empfehlungen ($>40\%$, besser $>50\%$ VO_{2R} ; Williams et al. 2002, vgl. auch Kapitel 2.4.3) vergleichsweise niedrig. Wie aus dem Beanspruchungsprofil (Diagramm 7) hervorgeht, sind Maße der zentralen Tendenz jedoch nur bedingt aussagekräftig, denn das Bewegungsprogramm beinhaltete zeitweise Phasen mit deutlich höherer Intensität.

Da die untersuchte Population adipöser Heranwachsender vor Therapiebeginn eine geringe aerobe Kapazität aufwies, sind nach Ende der stationären Behandlung deutliche kardiorespiratorische Adaptationen zu erwarten. Tatsächlich zeigten $N=20$ adipöse Heranwachsende ($13,7 \pm 1,5$ Jahre, $BMI\ 33,9 \pm 4,23\ kg/m^2$) nach vierwöchiger Teilnahme an dem hier untersuchten Bewegungsprogramm im Rahmen der stationären Komplextherapie eine signifikant erhöhte absolute und relative Sauerstoffaufnahme ($2,38 \pm 0,36\ L \cdot min^{-1}$ vs. $2,56 \pm 0,39\ L \cdot min^{-1}$, $p < 0,01$, bzw. $25,4 \pm 4,39\ ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ vs. $29,1 \pm 4,61\ ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p < 0,001$) (Thiel et al. 2005). Somit nahm die absolute *peak* VO_2 als Bruttokriterium der Ausdauer-Leistungsfähigkeit um $7,9 \pm 11,1\%$ zu. Zwar steht eine Untersuchung der Nachhaltigkeit der erzielten Verbesserungen aus, jedoch belegt dieses Ergebnis die kurzfristige Wirksamkeit des untersuchten Therapieansatzes. Die dort beobachtete große Varianz im Therapieergebnis (Range: $-12,5$ bis $+29,1\%$) korrespondiert mit den erheblichen Zwischensubjektunterschieden der relativen Intensität in der vorliegenden Untersuchung. Der fehlende lineare Zusammenhang zwischen der individuellen mittleren Belastungsintensität und Alter, Geschlecht, BMI sowie aerober Kapazität in der vorliegenden Untersuchung deutet darauf hin, dass die individuelle Beanspruchung nicht unmittelbar von diesen Faktoren beeinflusst wird.

6.2.2.1 Intensitäts-Wirkungs Beziehung in der Sporttherapie

Wie Kapitel 2.4 darlegt, kommen Studien beim Vergleich gesundheitlicher Effekte von Bewegungsangeboten mit unterschiedlicher Intensität aufgrund methodischer und konzeptioneller Limitationen zu uneinheitlichen Ergebnissen. Offensichtlich hängt eine mögliche Intensitäts-Wirkungs-Beziehung wesentlich von der Operationalisierung des Gesundheitsbegriffs und der damit verbundenen Definition von Zielgrößen für die Therapie

ab (Boreham und Riddoch 2001, Twisk 2001). Ausreichende Evidenz für spezifische Wirkungen vorausgesetzt, wäre eine differenzierte Ansteuerung von Intensitäten körperlicher Aktivität im Hinblick auf definierte Therapieziele einem unspezifischen Vorgehen vorzuziehen (Epstein et al. 2001). Nachfolgend sollen die Eckpunkte der Diskussion um das Konzept einer Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen Intensität und therapeutischen Outcomes exemplarisch verdeutlicht werden. Eine weiterführende Diskussion im Hinblick auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Intensität und Adhärenz erfolgt in Kapitel 6.3.2.

Eine untere Schwelle für die Intensität körperlicher Aktivität auf 40% $\text{VO}_{2\text{R}}$ festzulegen, damit diese als kardiovaskuläre trainingswirksam eingestuft werden kann, bietet den Vorteil einer klaren und anschaulichen Orientierungshilfe (ACSM 2000). Jedoch verläuft die belastungsabhängige Modulation physiologischer Adaptionsprozesse weitaus komplexer und weist zudem eine erhebliche interindividuelle Varianz auf (Riddoch und Boreham 1995, Twisk 2001, Livingstone et al. 2003b). Das Konzept einer mindestens notwendigen relativen Beanspruchung kann nicht für alle Therapiesituationen unkritisch übernommen werden (Blair und Connelly 1996, Twisk 2001). Eine ausreichende Dauer vorausgesetzt, sehen einige Autoren bei Erwachsenen Hinweise, dass regelmäßige Trainingsmaßnahmen mit einer niedrigen Intensität (30-40% $\text{VO}_{2\text{R}}$) eine Vielzahl von Risikofaktoren, wie beispielsweise bestimmte Fettstoffwechselfparameter, günstiger beeinflussen als durch eine höhere Intensität (King et al. 1995, Blair und Connelly 1996, Bergholm et al. 1999). Swain und Franklin (2002) ermittelten bei einer Reanalyse bisheriger Studien, dass eine Trainingsintensität von nur 30% $\text{VO}_{2\text{R}}$ (leichte Aktivität) bei Personen mit einer initialen Sauerstoffaufnahme von unter $40 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ eine signifikante Zunahme der aeroben Kapazität induziert. Weitere Untersuchungen fanden für das Ausmaß der Verbesserung der Blutfettwerte eine fast ausschließliche Abhängigkeit vom Belastungsumfang bei geringem Einfluss der Belastungsintensität. Ein weiteres Beispiel ist die Verbesserung der endothelialen Vasodilatation durch moderate Intensitäten, die bei hohen Intensitäten vermindert ist (Bergholm et al. 1999). Intensive Belastungen im anaeroben Bereich bringen zudem den Nachteil einer passageren Immunsuppression mit sich (Pedersen und Hoffman-Goetz 2000). Einige wichtige Aspekte der Bedeutung moderater Intensität zur Auslösung gesundheitsprotektiver Adaptationen werden ausführlich bei Blair und Connelly 1996 diskutiert.

Epstein et al. (2001) betonen hingegen die besondere Rolle intensiver Beanspruchung zur Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit. In einigen Querschnittsstudien wie beispielsweise von Mensink et al. 1997 zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Umfang intensiver körperlicher Aktivität und zahlreichen gesundheitsrelevanten Parametern. Auch Lee und Paffenbarger (2000) fanden in einer Längsschnittstudie bei

Erwachsenen, die selten intensiver körperlicher Aktivität (>6 METs) ausgesetzt waren (wöchentlich $<0,63$ MJ EE) eine höhere Mortalität als bei Studienteilnehmern, die $>1,68$ MJ, $>3,15$ MJ und $>6,30$ MJ mit intensiver Bewegung umsetzten (Relatives Risiko 1,0 vs. 0,82; 0,82; 0,77, $p<0,001$). Für den Umfang moderater körperlicher Aktivität war ein Trend für einen Zusammenhang erkennbar (RR 1,0 vs. 0,82-0,97, $p=0,07$), für den Umfang leichter Aktivität dagegen nicht nachweisbar (RR 1,0 vs. 0,93-1,17, $p=0,72$). Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass die Erhebung leichter und moderater Aktivität erfahrungsgemäß weniger präzise als die Erhebung intensiver Aktivität ist, das Ergebnis also möglicherweise durch methodische Limitationen beeinflusst wird (Lee und Paffenbarger 2000).

Bei adipösen Adoleszenten ist eine Reduktion des Körperfettanteils alleine durch körperliche Aktivität schwierig zu erzielen (Strong et al. 2005). Offen ist die Frage, inwieweit die Intensität einer Bewegungsintervention auch einen direkten Einfluss auf die Körperzusammensetzung hat. Die wenigen prospektiven Studien kommen zu uneinheitlichen Ergebnissen. Gutin et al. (2002) fanden keinen Einfluss der Intensität auf BMI und Körperzusammensetzung. Australiens *National Society for the Study of Obesity* (NHMRC 2003) sieht dagegen anhand kontrollierter Studien eine Evidenz für die Aussage, dass körperliche Aktivität einen Gewichtsverlust bei Kindern und Jugendlichen verstärkt, wenn sie anstrengend ist.

Prospektive Studien, welche die Wirkung unterschiedlicher Belastungsintensitäten in Längsschnittuntersuchungen vergleichen, normieren die Gesamtbelastung meist anhand des Energieumsatzes. Dies erfordert eine Reduktion des Umfangs der belastungsintensiveren Bewegungsintervention gegenüber der weniger intensiven Variante. Eine Mehrzahl dieser Untersuchungen ermittelte bei Erwachsenen geringe, nicht überzufällige Unterschiede in der Wirkung unterschiedlicher Intensitäten (Grediagin et al. 1995, Crouse et al. 1997, Jakicic et al. 2003, Slentz et al. 2004, Chambliss et al. 2005). Mougios et al. (2006) fanden einen höheren Gewichtsverlust bei moderater Intensität, aber einen besseren Erhalt fettfreier Körpermasse bei intensiver Belastung. Nur wenige Studien ermittelten bei gleichem Energieumsatz eine signifikant bessere Wirkung höherer Intensitäten auf therapeutische Outcomes (O'Donovan et al. 2005, Duncan et al. 2005).

Bei der Interpretation derartiger Resultate ist im Hinblick auf die Umsetzung in die Trainings- und Therapiepraxis zu berücksichtigen, dass die zur Verfügung stehende Zeit limitiert ist. Eine Intensivierung des Trainings bei gleicher Trainingsdauer könnte den Therapieeffekt verstärken, beispielsweise aufgrund eines höheren Gesamtenergieumsatzes oder stärker ausgeprägter kardiovaskulärer Adaptationen. Studien zur Wirkung unterschiedlicher Intensitäten bei adipösen Kindern fehlen jedoch fast gänzlich (Gutin et al. 2002). Eine Intensivierung könnte zu einer Verringerung der Akzeptanz des Bewegungsprogramms und

Beeinträchtigung der Compliance führen (Bar-Or 1995, Perri et al. 2002; vgl. Kapitel 6.3.2). Eine langfristige Änderung des Bewegungsverhaltens muss als Therapieziel in jedem Fall Priorität vor einer möglichst effektiven Trainingsgestaltung genießen (Bar-Or 1995, AAP 2001, Fulton et al. 2004).

Der Nachweis rein intensitätsbezogener Dosis-Wirkungs-Beziehungen ist bisher für die Zielgruppe Kinder und Jugendliche nicht überzeugend gelungen (Riddoch und Boreham 1995, Blair und Connelly 1996, Twisk 2001, Livingstone et al. 2003b). Dies könnte möglicherweise auch damit begründet werden, dass einige Untersuchungen zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Intensität und therapeutischen Zielgrößen Limitationen aufweisen, was nachfolgend beispielhaft verdeutlicht werden soll. Abbott und Davies (2004) berichten bei N=47 Kindern zwischen 5 und 11 Jahren von einer signifikanten Korrelation zwischen dem Körperfettanteil und dem Umfang intensiver bzw. hochintensiver körperlicher Aktivität ($r = -0,44$, $p = 0,004$ und $r = -0,39$, $p = 0,014$). Zwischen dem Körperfettanteil und dem Umfang moderater Aktivität ist diese inverse Beziehung nur schwach ausgeprägt ($r = -0,17$, $p = 0,300$). Abbott und Davies sehen dies als Hinweis auf die Existenz einer Mindestschwelle der Intensität, wenn es um die Wirkung körperlicher Aktivität auf die Körperzusammensetzung geht. Sie verstehen intensive körperliche Aktivität als eine vom Gesamtenergieumsatz unabhängige Dimension körperlicher Aktivität.

Abbott und Davies erfassten jedoch die Intensität mit Hilfe von Akzelerometrie absolut und nicht relativ zur Leistungsfähigkeit (vgl. Kapitel 2.6). Bei der Akzelerometrie werden an einer Referenzpopulation bestimmte absolute Schwellenwerte für die Beschleunigungs-Rohdaten – die so genannten *counts* – definiert, um leichte, moderate und intensive körperliche Belastung voneinander abgrenzen zu können. Es ist fraglich, ob adipöse Kinder aufgrund ihres erhöhten Körpergewichts und der reduzierten Ausdauerleistungsfähigkeit selbst bei maximaler Beanspruchung überhaupt in der Lage sind, die intensiver körperlicher Aktivität zugeordnete Anzahl counts pro Zeiteinheit zu erzielen. Wäre dies nicht der Fall, ergäbe sich der oben beschriebene Zusammenhang zwischen Körperfettanteil und Umfang intensiver körperlicher Aktivität zwangsläufig.

Akzelerometrie wird in einigen Untersuchungen eingesetzt, die bei vergleichbarer Fragestellung zu ähnlichen Ergebnissen kommen (Rowlands et al. 1999, Janz et al. 2002b, Ekelund et al. 2004b, Gutin et al. 2005, Ruiz et al. 2006). Nach Ansicht des Verfassers erlaubt das beschriebene Vorgehen jedoch keine sichere Aussage über den Zusammenhang zwischen relativer Intensität und Körperzusammensetzung und insbesondere keinen Rückschluss auf eine kausale Beziehung. Die Fragestellung erfordert vielmehr ein *Tracking* der Veränderungen von Körperzusammensetzung und relativer Intensität körperlicher Aktivität über einen längeren Zeitraum (Lee und Paffenbarger 2000) oder prospektive,

kontrollierte Studiendesigns. Will man im Rahmen solcher Erhebungen die relative Belastungsintensität mit Hilfe der Akzelerometrie bestimmen, ist die vorherige Ermittlung der individuell maximalen Anzahl an counts pro Zeiteinheit im Rahmen eines Vortests nötig, mit denen die counts der Observationsphasen in Beziehung gesetzt werden können (Treuth et al. 2004, Freedson et al. 2005).

6.2.3 Wöchentlicher MVPA-Umfang

In Anlehnung an internationale Empfehlungen waren für die vorliegende Untersuchung vorab eine Belastungsintensität von 40% $\text{VO}_{2\text{R}}$ oder mehr als moderate oder intensive körperliche Belastung (MVPA) definiert worden, welche bei Untrainierten zu einer Verbesserung der aeroben Kapazität nötig ist (Pate et al. 1998, Pollock et al. 1998, ACSM 2000, Williams et al. 2002, Corbin et al. 2004). Der MVPA-Anteil der insgesamt 7,5h Sport- und Bewegungstherapie lag im Median bei knapp $47 \pm 8\%$. Nimmt man inaktive Phasen für Aufbau, Organisation und Feedback aus der Betrachtung heraus, welche etwa 10% der gesamten Trainingszeit in Anspruch nahmen, dann beträgt der kardiovaskulär trainingswirksame Anteil der verbliebenen Netto-Trainingszeit rund 53%.

6.2.3.1 Vergleich mit Empfehlungen und Leitlinien

Verschiedene nationale und internationale Expertengremien wissenschaftlicher Fachgesellschaften und Organisationen des Gesundheitssektors empfehlen Kindern und Jugendlichen, täglich 30-90 Minuten mit moderater bis hoher Intensität körperlich aktiv zu sein. Tabelle 7 gibt – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – einen Überblick über diese Empfehlungen sowohl für Kinder (erster Teil) als auch für Erwachsene (zweiter Teil). Die vorliegenden Studienergebnisse werden mit diesen Empfehlungen in Beziehung gesetzt. Zum einen wird angegeben, zu wie viel Prozent die jeweilige Empfehlung durch die Teilnahme am Bewegungsprogramm im Gruppenmedian erfüllt wurde („Quotient MVPA-Anteil/Empfehlung“). Ein Wert über 100% impliziert, dass die Empfehlung übertroffen wurde. Zum anderen wird dargestellt, wie viel Prozent der Kinder und Jugendlichen durch ihr Bewegungsverhalten im Rahmen der Therapie den jeweiligen Empfehlungen entsprochen haben („Patienten, die Empfehlung erfüllen“). Die Ergebnisse zeigen, dass das untersuchte Bewegungsprogramm im Gruppenmedian hinsichtlich Umfang und Intensität konservative Empfehlungen (>30' MVPA täglich) übertrifft, anspruchsvollere Empfehlungen (> 60' MVPA täglich) jedoch nicht erreicht. Vor dem Hintergrund, dass die tägliche Bewegungsdosis durch körperliche Aktivität außerhalb der Therapie deutlich höher liegen dürfte, ist dem Bewegungsprogramm insgesamt eine gute Qualität zu attestieren.

Tabelle 7

Institution, Titel der Empfehlung	Quelle	Zielgruppe, Therapieziel	Minstdosis	Intensität oder Qualität	Zusätzliche Hinweise	Quotient MVPA-Anteil/ Empfehlung ^a (%)	Patienten, die Empfehlung ^b erfüllen (%)
AGA. Basisinformationen und Leitlinien für Diagnostik und Therapie	Wabitsch und Kunze 2004	Übergewichtige Kinder und Jugendliche, Therapie	„Ziel ist eine Lebensstiländerung in Richtung Steigerung der körperlichen Aktivität (Alltagsaktivitäten und Sport, Verminderung der inaktiven Freizeitgestaltung [...] mittels Bewegungsangeboten (in Übungs- und Spielform) mit hohem Aufforderungscharakter“			--	--
AHOY of the AHA. Statement for Health Professionals	Williams et al. 2002	Übergewichtige Kinder und Jugendliche, Verminderung des kardialen Risikos	30'/Tag, 4-5x/Woche ^c	MVPA, ideal wären >50-60% der maximalen Arbeitskapazität	Spielen soll im Vordergrund stehen, nicht Trainieren	157	90
ACSM. Guidelines for Exercise Testing and Prescription	ACSM 2000	Übergewichtige Kinder und Jugendliche, Therapie	„Art und Umfang müssen individuell an biologischem Alter, Vorerfahrungen, Fähigkeiten und medizinischen Einschränkungen orientiert sein.“			--	--
NHMRC. Clinical Practice Guidelines	NHMRC 2003	Kinder und Jugendliche, Prävention und Therapie von Übergewicht	„Da es keine Evidenz dafür gibt, Art, Umfang und Intensität vorzuschreiben [...], sollte eine Empfehlung altersgemäße Aktivitäten beinhalten.“			--	--
NASPE. Statement of Guidelines for Children	Corbin et al. 2004	5-12jährige Kinder, allgemeine Empfehlung	>60'/Tag, 5x/Woche	MVPA	einige Aktivitätsphasen sollten >15 min dauern	71	10
Health Education Authority, UK. Critique of Existing Guidelines	Pate et al. 1998	Kinder und Jugendliche, allgemeine Empfehlung	60'/Tag, >5x/Woche	MVPA		71	10
NIH. Consensus Development Panel	NIH 1996	Kinder und Jugendliche, allgemeine Empfehlung	>30'/Tag, 5-7x/Woche	MVPA		141	75
IOM. Dietary Reference Intakes	IOM 2002	Kinder und Jugendliche, allgemeine Empfehlung	>60'/Tag, 5x/Woche	MVPA		71	10
IASO. 1st Stock Conference and Consensus Statement	Saris et al. 2003	Erwachsene und Kinder, Gewicht halten nach erfolgreicher Reduktion	60-90'/Tag, am besten täglich	MPA	Für Kinder werden höhere Umfänge empfohlen.	71	10

Institution, Titel der Empfehlung	Quelle	Zielgruppe, Therapieziel	Minstdosis	Intensität oder Qualität	Zusätzliche Hinweise	Quotient MVPA-Anteil/ Empfehlung ^a (%)	Patienten, die Empfehlung ^b erfüllen ^c (%)
USDHHS. Report of the Surgeon General	USDHHS 1996	Kinder ab 2 Jahren und Erwachsene, allgemeine Empfehlung	> 30'/Tag, 5-7x/Woche	MVPA	Höhere Umfänge bringen zusätzliche gesundheitliche Vorteile	141	75
DAG, DDG, DGE, DGM. Evidenzbasierte Leitlinie Adipositas	Hauner et al. 2006	Übergewichtige Erwachsene, Gewichtsreduktion	>2500 kcal/Woche (oder >5h/Woche)	75% HF _{max} , falls keine Kontraindikationen bestehen	3-5h oder >1500Kcal/Woche ausreichend zur Gewichtserhaltung	112	55
ACSM. Position stand: Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness	Pollock et al. 1998, mit Verweis auf Haskell et al. 1985	Übergewichtige Erwachsene, Gewichtsreduktion	>4 kcal/(kg*Tag)			113	65
ACSM. Position stand: Weight Loss Intervention Strategies	Jakicic et al. 2001, mit Verweis auf Pate et al. 1995	Übergewichtige Erwachsene, Gewichtsreduktion	Minimum 150'/Woche	MPA	Dosis progressiv erhöhen. 200-300'/Woche oder >2000Kcal/Woche sind effektiver	141	75

Tabelle 7: Aktuelle Empfehlungen zu Umfang und Intensität körperlicher Aktivität nationaler und internationaler Expertenpanels und Gesundheitsorganisationen in Abhängigkeit von Zielgruppe und Zielsetzung.

^a Quotient MVPA-Anteil/ Empfehlung: Gibt an, zu wie viel Prozent die jeweilige Empfehlung durch die Teilnahme am untersuchten Bewegungsprogramm im Gruppenmedian erfüllt wurde.

^b Patienten, die Empfehlung erfüllen: Sagt aus, wie viel Prozent der Kinder und Jugendlichen durch ihr Bewegungsverhalten im Rahmen des untersuchten Therapieprogramms den jeweiligen Empfehlungen entsprochen haben.

^c 30' bedeutet 30 Minuten. Ist in der Empfehlung eine Zeitspanne angegeben (beispielsweise 60-90'/Tag), wird die niedrigste Wert als Referenz verwendet (60'/Tag).

ACSM: American College of Sports Medicine (USA); AGA: Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kinder- und Jugendalter; AHOY: Committee of Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity of the Young (USA); AHA: American Heart Association (USA); DAG: Deutsche Adipositas-Gesellschaft; DDG: Deutsche Diabetes-Gesellschaft; DGE: Deutsche Gesellschaft für Ernährung; DGM: Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin; IASO: International Association for the Study of Obesity; IOM: US Institute of Medicine (USA); MPA: moderate körperliche Aktivität (40-60% VO_{2R}); MVPA: moderate bis intensive körperliche Aktivität (>40% VO_{2R}); NASPE: National Association for Sport & Physical Education (USA); NHMRC: National Health and Medical Research Council (Australien); NIH: National Institute of Health (USA); USDHHS: United States Department of Health and Human Services (USA)

Von 20 Kindern erreichen oder übertreffen 15 die Minimal-Empfehlungen von 5x30 Minuten MVPA pro Woche (USDHHS 1996, NIH 1996, Williams et al. 2002), 2 von 20 Kindern sogar die anspruchsvollen Empfehlungen von 5x60 min (Pate et al. 1998, IOM 2002, Saris et al. 2003, Corbin et al. 2004). Berücksichtigt man den zusätzlichen Energieumsatz in der Freizeit durch leichte körperliche Aktivität und EPOC, scheint das gewählte Therapieprogramm für eine Mehrzahl der adipösen Heranwachsenden zielführend. Die Spannbreite der täglichen MVPA-Zeit (13-48 Minuten) dokumentiert jedoch enorme interindividuelle Unterschiede. Bedenklich erscheint, dass 5 Heranwachsende trotz 7,5h Bewegungsintervention wöchentlich weniger als 2,5 h MVPA aufweisen und damit nur 79% der minimalen MVPA-Dosis erreichen. Daher wäre eine noch wirkungsvollere Aktivierung von Jugendlichen mit weniger stark ausgeprägtem Bewegungsdrang erstrebenswert. Ein Ergebnis der vorliegenden Untersuchung ist somit auch, dass sich Heranwachsende, die das gleiche Therapieangebot wahrnehmen, in höchst unterschiedlichem Maß bewegen. Im Einzelfall garantiert die Teilnahme an einem konzeptionell hochwertigen Bewegungsprogramm nicht zwangsläufig Bewegung in ausreichendem Umfang, um einen Therapieerfolg wie beispielsweise eine Verbesserung der kardiorespiratorischen Kapazität zu erzielen.

Das Ergebnis belegt sowohl aus Sicht der Patienten, als auch aus Sicht der Kostenträger nachdrücklich die Bedeutung einer objektiven Erfassung von Bewegungsverhalten im Rahmen der therapeutischen Intervention. Die Varianz in der relativen Intensität und im Energieumsatz erreicht offensichtlich auch bei strukturierten Bewegungsprogrammen mit kleinen Gruppen Ausmaße, wie sie bisher nur für spontane Bewegungshandlungen im Alltag der Heranwachsenden zu erwarten waren. Es erscheint daher auch nicht möglich, eine belastbare Aussage über die Prozessqualität einer Therapiemaßnahme auf Basis eines Aktivitätsprotokolls oder aufgrund von unsystematischer Beobachtung zu treffen.

6.2.3.2 Ergebnisse anderer Untersuchungen

Untersuchungen über den solitär durch strukturierte Bewegungsangebote in therapeutischen Settings erzielten wöchentlichen MVPA-Umfang sind dem Verfasser zurzeit nicht bekannt. Angaben über die gesamte Dauer moderater bis intensiver körperlicher Aktivität (MVPA) von Kindern und Jugendlichen in Alltagssituationen oder als Summe therapeutischen und außertherapeutischen Bewegungsverhaltens zeigen in Abhängigkeit der Erhebungsmethode und der untersuchten Population erhebliche Unterschiede, so dass ein Vergleich nicht zielführend erscheint. Beispielsweise fanden Livingstone et al. 1992 mit Hilfe der HF Flex Methode bei 12-15jährigen normalgewichtigen Mädchen und Jungen 15 ± 10 und 52 ± 21 Minuten, Lazzer et al. 2005 bei 12-16jährigen übergewichtigen Kindern während der Teilnahme an einem 9monatigen Therapieprogramm 49 min, und Mota et al. 2003 bei 8-

15jährigen Mädchen und Jungen akzelerometerbasiert 90 ± 43 und 139 ± 67 Minuten MVPA/Tag.

6.2.3.3 Kritischer Ausblick zum Thema Empfehlungen

Explizite, an eine weit definierte Zielgruppe gerichtete Empfehlungen von Umfang und Intensität körperlicher Aktivität weisen naturgemäß Schwächen auf. Relevante Faktoren wie Therapieziel, Alter, Geschlecht, Komorbiditäten, Leistungsfähigkeit, Vorerfahrungen sowie Art und Dauer bisheriger körperlicher Aktivität bleiben unberücksichtigt (Blair et al. 1992, Twisk 2001, Boreham und Riddoch 2001, Janz et al. 2002a, Livingstone et al. 2003b, Blair et al. 2004). Die Evidenz und die Entscheidungsprozesse, die zu einer Empfehlung führen, sind in keinem Fall klar dokumentiert (Fulton et al. 2004). Die konzeptionellen und methodischen Probleme bei der Definition von evidenzbasierten Empfehlungen sind ausführlich in Kapitel 2.4 angeführt, so dass an dieser Stelle nur ergänzende Bemerkungen zum Thema Platz finden sollen.

Tabelle 7 zeigt, dass sowohl Divergenzen zwischen Empfehlungen für die gleiche Zielgruppe, als auch Übereinstimmung von Empfehlungen für unterschiedliche Zielgruppen auftreten. Einzig die drei Leitlinien, die sich speziell mit der Prävention und der Therapie von juveniler Adipositas auseinandersetzen, heben sich dahingehend ab, dass sie keine quantitativen Vorgaben machen (ACSM 2000, NHMRC 2003, Wabitsch und Kunze 2004). Auch DAG, DDG und DGE betonen in ihrer Leitlinie zur Adipositastherapie (Hauner et al. 2004), dass momentan noch unklar ist, wie Dichte, Dauer und Intensität der Belastung hinsichtlich eines optimalen Gewichtseffekts zu gestalten sind. Sie empfehlen jedoch, die Trainingsintensität in Anlehnung an ein Herz-Kreislauftraining zu gestalten ($75\% \text{ VO}_{2\text{max}}$ bzw. $75\% \text{ HF}_{\text{max}}$). Diese Empfehlung ist in sich nicht konsistent: In der vorliegenden Stichprobe entspräche eine mittlere Intensität von $75\% \text{ VO}_{2\text{max}}$ exakt 82% , und nicht etwa $75\% \text{ HF}_{\text{max}}$.

Wie Riddoch und Boreham (1995, S. 95) in Übereinstimmung mit Twisk (2001), Sleep und Tolfrey (2001), Livingstone et al. (2003b) und Fulton et al. (2004) anmerken, erscheinen Empfehlungen zur Mindestdosis körperlicher Aktivität für Kinder und Jugendliche bei kritischer Analyse aufgrund fehlender Evidenz vergleichsweise willkürlich festgelegt: "...the activity thresholds used to dichotomise activity are necessarily arbitrary, as the research base to underpin definitive criteria is lacking". Einige Organisationen begründeten ihre Empfehlung von mindestens eine Stunde MVPA täglich damit, dass bisherige Empfehlungen von einer halben Stunde schon erfüllt worden seien, die Prävalenz der Adipositas jedoch weiter im Steigen begriffen sei (Pate et al. 1998, IOM 2002). Dieses Argument erkennt die enormen interindividuellen Unterschiede im Bewegungsverhalten, die methodische Limitationen bei der Erfassung körperlicher Aktivität, und die bis heute nicht vollständig verstandene, komplexe multidimensionale Ätiologie der juvenilen Adipositas (Twisk et al.

2001, NHMRC 2003, Summerbell et al. 2005, Wabitsch 2006; vgl. auch Kapitel 2.4). Andere Autoren wie Jakicic et al. (2001), die Erwachsenen mit 200-300 min wöchentlich einen hohen Umfang zum langfristigen Halten eines reduzierten Gewichts nahe legen (vgl. dazu auch Schoeller et al. 1997, Klem et al. 1997, Jakicic et al. 1999), heben tatsächlich auch hervor, dass bereits mit Erfüllung minimaler Forderungen (150 min/Woche) erhebliche gesundheitsfördernde Effekte verbunden sind. Es muss somit offen bleiben, ob die Empfehlung einer höheren Mindestdosis körperlicher Aktivität eine geeignete Möglichkeit darstellt, den auch in der vorliegenden Untersuchung zutage getretenen erheblichen interindividuellen Unterschieden bei der tatsächlichen Durchführung sowie in der physiologischen Reaktion auf körperliche Belastung Rechnung zu tragen. Vor diesem Hintergrund erscheinen Bestrebungen, eine einzige umfassende „Formel“ oder Leitlinie für die optimale Gestaltung eines Trainingsprogramms bei adipösen Kindern und Jugendlichen zu finden, nicht zielführend (Riddoch und Boreham 1995, Twisk 2001, Sleaf und Tolfrey 2001, Livingstone et al. 2003b, Fulton et al. 2004).

6.2.3.4 Intermittierende versus kontinuierliche Beanspruchung

Analysen des natürlichen Bewegungsverhaltens von Kindern haben ergeben, dass diese über den ganzen Tag verteilt mehrere kurze Phasen moderater bis intensiver körperlicher Aktivität akkumulieren (Armstrong et al. 1990, Epstein et al. 1994, Bailey et al. 1995, Epstein et al. 1999, Riddoch et al. 2004). Nach einer Empfehlung der *American Academy of Pediatrics* (AAP 2001) sollten junge Kinder nach 15-20 Minuten kontrollierten und organisierten Bewegungsaktivitäten wenigstens 30 Minuten frei spielen können. In der vorliegenden Untersuchung wird eine Aktivitätsphase mit einer relativen Intensität von über 40%VO_{2R} (MVPA) unabhängig von ihrer Dauer als kardiovaskulär trainingswirksam eingestuft. Dahinter verbirgt sich die Annahme, dass die Trainingswirkung vieler kurzer MVPA-Phasen der einer einzigen MVPA-Periode gleicher Dauer entspricht.

Aktuelle Studien konnten bei untrainierten Erwachsenen kurz- bis mittelfristig keine wesentlichen Vorteile eines kontinuierlichen Trainings gegenüber intermittierenden Belastungsformen aufzeigen, wobei die intermittierende Belastungsform als weniger anstrengend empfunden wird (DeBusk et al. 1990, Jakicic et al. 1995, Jakicic et al. 1999, Donnelly et al. 2000, Hardmann 2001, Blair et al. 2004, Bürklein 2006). Zwar sehen Ratel et al. (2004) in ihrer Übersichtsarbeit bei Kindern signifikante aerobe Trainingseffekte nach hochintensiven intermittierenden Belastungen in einem strukturierten Setting. Jedoch bleibt offen, inwieweit bei Kindern die Effektivität intermittierender und kontinuierlicher Programme vergleichbar ist (Riddoch und Boreham 1995, Sleaf und Tolfrey 2001), und ob mit zunehmender Ausdauerleistungsfähigkeit und bei langfristiger Anwendung nicht doch Differenzen in der physiologischen Adaption evident werden (Epstein et al. 2001, Livingstone

et al. 2003b). Ein Expertenpanel um Strong kommt zu dem Schluss, dass größere Umfänge notwendig sind, damit alltägliche Bewegungshandlungen mit intermittierendem Charakter die gleichen gesundheitswirksamen Effekte erzielen wie ein strukturiertes Training unter experimentellen Bedingungen (Strong et al. 2005).

Mit zunehmendem Alter nimmt die Bedeutung des spontanen Bewegungshandeln zugunsten des Anteils zusammenhängender und organisierter Bewegungseinheiten ab (Malina et al. 2004). Insbesondere im Hinblick auf die jüngeren Patienten ist trotzdem zu vermuten, dass im stationären Setting unabhängig vom Aufforderungscharakter der Bewegungsangebote deren zeitliche Organisation noch spezifischer auf die Zielgruppe hin ausgerichtet werden könnte. Kindgemäßer als die durchgängigen und strukturierten Bewegungsprogramme mit bis zu einer Stunde Dauer erscheinen häufige Unterbrechungen sedentärer Phasen durch spontane und intensive Aktivitäten, beispielsweise in den Schulpausen oder durch kurze Spiel- und Bewegungsformen beim Erledigen der Hausaufgaben. Eine derartige Strategie verspricht zudem eine bessere Integration in den Alltag und somit eine nachhaltigere Änderung des Bewegungsverhaltens (Epstein et al. 1982, Epstein et al. 1985a, Sallis et al. 1992, Corbin et al. 1994, Pate et al. 1998).

Dekonditionierten Kindern und Jugendlichen wird empfohlen, mit sehr geringen Belastungsumfängen zu beginnen und diese um nicht mehr als 10% pro Woche zu erhöhen (Strong et al. 2005). Tatsächlich verfügt eine Mehrzahl der Teilnehmer an Adipositas-Therapieprogrammen über eine geringe Bewegungserfahrung und ist als untrainiert einzustufen. Trotz der im Mittel moderaten Belastungsintensität kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei ihnen durch die mehrwöchige dichte Folge von Trainingsreizen ohne eine längere Regenerationsphase eine erhebliche psychophysische Ermüdung induziert wird, mit adversen affektiven und motivationalen Folgen und somit einer Reduzierung der Wahrscheinlichkeit von Veränderungen des Bewegungsverhaltens (Bar-Or 1995, Strong et al. 2005). Probleme dieser Art treten bei ambulanten Therapieprogrammen üblicherweise nicht auf. Vor diesem Hintergrund ist zu begrüßen, dass den Teilnehmern am vorliegenden Bewegungsprogramm durch die Gelegenheit zur freien und selbstbestimmten Aktivität in vorher ausgewählten Bewegungsangeboten ein eigenständiger Zugang zur Bewegung erleichtert sowie die Wahl solcher Bewegungsangebote freigestellt wird, die als weniger anstrengend empfunden werden (Bar-Or 1995, AAP 2001, Strong et al. 2005).

6.2.4 Beanspruchungsverteilung

Der Umfang leichter (20-40% $\text{VO}_{2\text{R}}$), moderater (40-60% $\text{VO}_{2\text{R}}$) und intensiver körperlicher Aktivität (>60% $\text{VO}_{2\text{R}}$) im Rahmen der Bewegungstherapie betrug im Gruppenmittel 19 ± 6 (8-33), 19 ± 6 (8-29) und 11 ± 7 (1-32) Minuten täglich (Mittelwert \pm Standardabweichung, Range

in Klammern), entsprechend 39%, 39% und 21%. Es zeigt sich damit erwartungsgemäß eine abweichende Verteilung im Vergleich mit Studien, die das Bewegungsverhalten von Kindern oder Jugendlichen über den ganzen Tag gemessen haben. Epstein et al. (2001) fassten die Ergebnisse aus 26 Studien mit 1883 Probanden zusammen, die das alltägliche Bewegungsverhalten von Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 3 und 17 Jahren ermittelten. Jugendliche über 12 Jahre akkumulierten demnach täglich 84 ± 11 , 80 ± 21 und 15 ± 8 Minuten leichte, moderate und intensive körperliche Aktivität, dies sind 47%, 45% und 8%. Während die absoluten Umfänge normalgewichtiger Kinder bei Epstein et al. erheblich das Maß übersteigen, welches mit strukturierter Therapie zu leisten ist, liegt in der Therapiesituation der relative Anteil intensiver körperlicher Aktivität deutlich höher. Die Daten sind jedoch insofern nur eingeschränkt vergleichbar, als einige der bei Epstein et al. 2001 zitierten Studien mit festen, vergleichsweise niedrigen Cutoff-Herzfrequenzen für verschiedene Intensitätsbereiche operierten.

Zusammenfassend ist bei Betrachtung der Belastungskenngrößen einer Therapiewoche festzuhalten, dass das untersuchte Bewegungsprogramm im Median hinsichtlich Energieumsatz, relativer Intensität und Umfang moderater bis intensiver körperlicher Aktivität ein der Zielgruppe angemessenes, den aktuellen Empfehlungen entsprechendes Profil auf. Zukünftig könnte die Prozessqualität über ein Monitoring der Beanspruchung sowie einer optimierten Anpassung der Belastung an individuelle Bedürfnisse weiter verbessert werden.

6.3 Vergleich spezifischer Bewegungsangebote

Bewegungstherapeuten müssen in Abhängigkeit der Zielsetzung sowie organisatorischer und individueller Voraussetzungen entscheiden, wie sie Bewegungsprogramme gestalten (Jaeschke 2005). Obwohl die therapeutische Entscheidungsfindung direkt zum individuellen Erfolg oder Misserfolg einer Intervention beiträgt, fehlen in der juvenilen Adipositas Therapie wichtige Informationen als Entscheidungsgrundlage (Sallis et al. 2000a, Epstein et al. 2001, Sleaf und Tolfrey 2001, Livingstone et al. 2003b, Fulton et al. 2004). Erst die Kenntnis zielgruppenspezifischer Belastungskennwerte einzelner Bewegungsangebote erlaubt deren begründete Auswahl zur gezielten Ansteuerung von Adaptationen. In der vorliegenden Untersuchung wurden deshalb ausgewählte Kennzahlen der kardiorespiratorischen Belastung spezifischer therapeutischer Bewegungsangebote herzfrequenzbasiert erhoben und einem Vergleich zugeführt.

Im Ergebnis weisen der Zeitanteil moderater und intensiver Beanspruchung sowie die absolute und die relative Belastungsintensität von Schwimmen, Wasserspielen, Fahrradergometrie, kleinen und großen Spielen sowie dem Kräftigungsparcours keine überzufälligen Differenzen auf. Hingegen unterscheiden sich diese drei

Belastungskenngrößen beim Walking signifikant von den Kenngrößen der anderen untersuchten Bewegungsangebote. Zur Einschätzung der praktischen Relevanz eines solchen statistisch signifikanten Unterschieds hätte es *ex ante* der Festlegung einer als klinisch relevant erachteten Effektstärke bedurft (Cohen 1988, Bortz und Lienert 1998). Da diese Option aufgrund der Anwendung eines verteilungsfreien Prüfverfahrens in der vorliegenden Untersuchung jedoch ausscheidet, erfolgt die Abschätzung der praktischen Bedeutung der ermittelten Unterschiede auf Basis von Plausibilitätserwägungen unter Einbeziehung therapeutischer Endpunkte. Tatsächlich ist die Differenz zwischen Walking und allen anderen Bewegungsangeboten bei Energieumsatz (-17% bis -37%), relativer Intensität (-30% bis -45%) und MVPA-Zeitanteil (-78% bis -87%) im Kontext der Therapiewirkungsintention als erheblich einzuschätzen. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass Walking auch von Untrainierten in zeitlich höherem Umfang betrieben werden kann. Im Hinblick auf den Gesamtenergieumsatz könnte somit die geringe absolute Intensität kompensiert werden, was hinsichtlich der relativen Intensität und des MVPA-Zeitanteils nicht möglich ist. Walking könnte folglich in einem Therapieprogramm mit vorwiegend moderaten bis intensiven Belastungen dann gezielt eingesetzt werden, wenn eine geringe Intensität im Sinne eines regenerativen Trainings erwünscht ist, und könnte somit einen Beitrag zur ausgewogenen Trainingsgestaltung leisten.

An dieser Stelle ist einschränkend darauf hinzuweisen, dass die auf HF-Flex Basis ermittelte Sauerstoffaufnahme in Abhängigkeit der Belastungsform unterschiedlich stark von der referenzmethodisch ermittelten VO_2 abweicht (vgl. Anhang II). Entsprechend ist davon auszugehen, dass auch in der vorliegenden Untersuchung Energieumsatz, relative Intensität und Zeitanteil moderater und intensiver körperlicher Aktivität tendenziell überschätzt werden. Bei adipösen Kindern und Jugendlichen ist das Ausmaß dieser Überschätzung gering bei den Spielformen (ca. 10%), moderat bei der Fahrradergometrie (15-20%) und hoch für das Bewegungsangebot Kräftigungszirkel (knapp 30%), was die Vergleichbarkeit der untersuchten Bewegungsangebote beeinträchtigt (vgl. Anhang II). Vor diesem Hintergrund ist nicht auszuschließen, dass die verwendete Erhebungsmethode etwaige Unterschiede in der Belastungsstruktur der Bewegungsangebote maskiert.

Die Validität der HF-Flex Methode zur Ermittlung des Energieumsatzes adipöser Kinder und Jugendlicher im Bewegungsraum Wasser ist hingegen bislang noch nicht untersucht worden. Aufgrund der angenähert horizontalen Körperposition sowie der Immersion kommt es zu einer besseren diastolischen Füllung der Herzkammern und zu einem erhöhten Schlagvolumen (Chu und Rhodes 2001, De Marées 2002), was für eine erhöhte Steigung der HF- VO_2 Regressionsgeraden spricht. Neben der maximalen Herzfrequenz zeigt sich unter Immersionsbedingungen jedoch auch die maximale Sauerstoffaufnahme deutlich reduziert (Chu und Rhodes 2001). Zudem wirken die zusätzliche Bewegung der Arme, ein

verminderter Perfusionsdruck in den unteren Extremitäten sowie verschiedene reflektorische Mechanismen des Vegetativums modulierend auf die Beziehung zwischen Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme (Chu und Rhodes 2001). Der Befund eines bei Immersion unter Belastung reduzierten Sauerstoffpulses bei Athleten (Town und Bradley 1991) spricht dafür, dass die Summe der oben genannten Einflüsse zu einer verminderten Steigung der HF- VO_2 Regressionsgeraden führt, was die Überschätzung des tatsächlichen Energieumsatzes zur Folge hätte. Jedoch ist dieses Ergebnis aufgrund der Unterschiede in der Population und der untersuchten Bewegungsform nicht ohne weiteres übertragbar, so dass keine belastbare Einschätzung der Validität der HF-Flex Methode für Bewegungsangebote im Wasser möglich erscheint. Beim Walking ist aufgrund der Übereinstimmung zwischen Kalibrierungs- und Erhebungsaktivität keine oder nur eine sehr geringe systematische Abweichung zu erwarten.

Die drei Belastungskenngrößen Energieumsatz, relative Intensität und MVPA-Anteil repräsentieren jeweils unterschiedliche Dimensionen des Intensitätsbegriffs. Die jeweiligen Ergebnisse sollen nachfolgend spezifisch diskutiert werden.

6.3.1 Energieumsatz

Die untersuchten Bewegungsangebote in der Therapie adipöser Kinder und Jugendlicher unterscheiden sich signifikant hinsichtlich des Energieumsatzes (EE). Somit ist Hypothese H 2 anzunehmen. Mit Ausnahme des Walking ermittelten die HF-Flex basierten Erhebungen jedoch keine überzufälligen Unterschiede zwischen den Bewegungsangeboten. Dieses Ergebnis erlaubt dem Therapeuten, bei der Gestaltung von Therapieprogrammen zukünftig weniger den zu erwartenden Energieumsatz, als vielmehr die Neigung der Teilnehmer zu berücksichtigen.

Die EE-Zwischenpersonenunterschiede innerhalb eines Bewegungsangebots (Median der MAD $2,2 \text{ KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) liegen deutlich über den mittleren EE-Differenzen, die innerhalb der gleichen Person bei Durchführung unterschiedlicher Bewegungsangebote auftreten (Median der MAD $1,4 \text{ KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Dies könnte darauf hindeuten, dass in der pädiatrischen Adipositas Therapie der Energieumsatz stärker durch individuelle Faktoren wie Körpergewicht, Leistungsfähigkeit, Bewegungsbereitschaft und Bewegungsökonomie bestimmt wird als durch Merkmale des Bewegungsangebotes. Die vorliegenden Ergebnisse korrespondieren hinsichtlich der interindividuellen Varianz mit den Aussagen von Vermorel et al. (2005), die in ihrer Übersichtsarbeit die erheblichen Unterschiede im Energieumsatz von Adoleszenten selbst bei Berücksichtigung des Körpergewichts hervorheben. Dabei verdeutlichen die Boxplots (Diagramm 8) sowie die Mediandeviation des Energieumsatzes (Tabelle 5), dass beim Energieumsatz die Varianz innerhalb der Therapiegruppe vom Bewegungsangebot abhängt. Walking und Fahrradergometrie erlauben dem Therapeuten demnach eine gezielte

und für alle Teilnehmer verbindliche Intensitätssteuerung, während die übrigen Bewegungsangebote unterschiedliche Beanspruchungen induzieren können. Für eine eingehende Einschätzung der Höhe der Energieumsätze anhand der Ergebnisse bisheriger Publikationen wird auf Kapitel 6.3.5 verwiesen.

6.3.2 Relative Intensität

Die vorliegenden Ergebnisse stützen die in Hypothese H 3 formulierte Annahme signifikanter Unterschiede in der relativen Belastungsintensität ($\%VO_{2R}$) spezifischer Bewegungsangebote der juvenilen Adipositas therapie. Analog zum Energieumsatz sind diese Differenzen jedoch nur zwischen Walking und den anderen untersuchten Bewegungsangeboten evident. Im Gruppenmedian lag die relative Intensität beim Walking bei $28\%VO_{2R}$, bei den übrigen Bewegungsangeboten zwischen 40 und $51\%VO_{2R}$ (Tabelle 5). Aus der weitgehenden Übereinstimmung der relativen Intensität der übrigen Bewegungsangebote ergibt sich für die Therapiepraxis die Möglichkeit, ein variierendes Programm unter Beachtung der Präferenzen der Zielgruppe anzubieten. Die weitgehend deckungsgleichen Interquartilbereiche der Boxplots (Diagramm 9) zeigen, dass mindestens 50% der Kinder bei allen Bewegungsangeboten mit Ausnahme von Walking im Stundenmittel mit moderater Intensität ($40\text{--}60\% VO_{2R}$) körperlich aktiv waren. Beanspruchungen in diesem Bereich können Verbesserungen der kardiorespiratorischen Kapazität induzieren. (Pate et al. 1998, Pollock et al. 1998, ACSM 2000, Williams et al. 2002, Corbin et al. 2004).

Der adipöse Organismus verfügt über eine eingeschränkte Fähigkeit, die Wahl des Substrats (Kohlenhydrate vs. Fette) flexibel der Belastungssituation anzupassen (Astrup 1993, Jeukendrup 2005, Blaak et al. 2006). Eine eingeschränkte Fettstoffwechselkapazität resultiert in einer vermehrten Speicherung von Fettsäuren in Muskeln und anderen Geweben und kann über die Störung der Insulin-Signalkaskade eine Insulinresistenz begünstigen (Carroll und Dudfield 2004). Da für ein effektives Training des Fettstoffwechsels die absolute und nicht die relative Rate der Lipidoxidation entscheidend ist, liegt der optimale Trainingsbereich bei untrainierten Erwachsenen um $50\%VO_{2max}$ (Achten und Jeukendrup 2004), was für die untersuchte Population $43\%VO_{2R}$ entspricht. Alle untersuchten Bewegungsangebote bis auf Walking wiesen im Median eine Intensität in diesem Bereich auf. Jedoch ist bei den intermittierenden Belastungsformen durch die stetigen Belastungswechsel und den geringen Umfang mit einer reduzierten Rate der Fettsäureoxidation zu rechnen. Vor dem Hintergrund, dass der relative Anteil des Fettstoffwechsels an der Energiebereitstellung mit zunehmender Belastungsdauer steigt (Achten und Jeukendrup 2004, Jeukendrup 2005), scheinen somit Walking und Wanderungen dank hohen Umfangs und kontinuierlicher Belastungsgestaltung trotz der geringeren relativen Intensität besser für ein Fettstoffwechseltraining geeignet. Insgesamt

bestätigt das Ergebnis, dass auch hinsichtlich der relativen Intensität die Komponenten des untersuchten Bewegungsprogramms für den Einsatz in der Bewegungstherapie richtig gewählt und in die Praxis umgesetzt wurden.

Ähnlich wie beim Energieumsatz zeigen die Boxplots (Diagramm 9) große interindividuelle Unterschiede der relativen Intensität bei Bewegungsangeboten ohne vorgegebene Belastung, wie den Spielformen. Auch das Streuungsmaß der relativen Intensität (Tabelle 5) deutet darauf hin, dass sich die Kinder und Jugendlichen unterschiedlich intensiv am Programm beteiligen und nicht durchweg die gleiche Compliance aufweisen. Ein zentrales Anliegen von Bewegungsfachkräften sollte es daher sein, durch eine individuelle Anpassung den Vorlieben der Teilnehmer zu entsprechen, deren Wünsche mit einzubeziehen und die Qualität der Belastung der Bewegungsintervention weiter zu verbessern. Die spezifische Belastungssteuerung ist noch stärker in den Vordergrund zu rücken und gegebenenfalls mit objektiven Erhebungsmethoden zu unterstützen. Hierfür erscheint bei einem ambulanten oder stationären Programm mit unterschiedlichen Bewegungsangeboten insbesondere Herzfrequenz-Monitoring geeignet. Dieses wurde bei minimaler Rückwirkung von den Teilnehmern problemlos akzeptiert und stellte sich bei der Erhebung und der Datenauswertung als ökonomisch und praktikabel dar. Im klinischen Setting erlaubt die Kenntnis von Ruhe- und Maximalpuls aus klinischen Gesundheitstest (Ruhe- und Belastungs-EKG) eine hinreichend präzise Einschätzung der individuellen Beanspruchung als %HRR ohne aufwändigen HF-Flex Vortest.

Beispiele für Möglichkeiten der Belastungssteuerung wären bei der Fahrradergometrie die Anpassung des Widerstandes an das Körpergewicht, und beim Schwimmen oder beim Walken die Formierung unterschiedlicher Gruppen nach Leistungsfähigkeit. Die Intensität von Spielformen ließe sich durch Variationen von Spielfeldgröße, Spielerzahlen sowie gezielten Regeländerungen steuern. Da der Kräftigungszirkel nicht primär der kardiovaskulären Fitness dient, ist dort eine Anpassung der Intensität nicht notwendig. Einschränkend ist zu berücksichtigen, dass eine vermehrte Individualisierung in der Gruppentherapie den Kursleiter in organisatorischer Hinsicht vor neue Probleme stellt. Zudem könnten Teilnehmer die im Zuge der Individualisierung häufig notwendige Zuteilung in Kleingruppen leicht als Bewertung ihrer persönlichen Leistungsfähigkeit missverstehen (Bar-Or 1995).

Die verstärkte Einbeziehung der Teilnehmerpräferenzen könnte dagegen helfen, das Bewegungsinteresse über den Therapiezeitraum hinaus längerfristig zu festigen. Ein unmittelbarer Einfluss der positiven Stimmung während körperlicher Aktivität auf die langfristige Bindung ist für Erwachsene gut belegt (Godin et al. 1987, Brehm 1998). Modelle zum Zusammenhang zwischen Belastungsintensität und Adhärenz zielen in eine vergleichbare Richtung. Wenn zu intensive Trainingsbelastungen eine affektive Bindung zu

Bewegungsangeboten verhindern oder sogar dazu führen, dass Bewegung mit negativ besetzten affektiven Werten assoziiert wird, droht ein Dropout (Pahmeier 1998). Gemäß einer Metaanalyse von Dishman und Buckworth (1996) scheinen Interventionen mit niedrigen bis moderaten Belastungsintensitäten (50% der maximalen Ausdauerleistungsfähigkeit) am ehesten geeignet, günstige Stimmungsveränderungen zu induzieren.

Hall et al. (2002) fanden bei Laufband-Stufentests im Bereich der anaeroben Schwelle mit progressivem Belastungsanstieg eine deutliche Verschlechterung der subjektiven Befindlichkeit. Aufgrund der möglicherweise negativen affektiven Assoziationen könnte somit eine hohe Belastungsintensität trotz der größeren unmittelbaren Wirkeffekte einer mittel- und langfristig angestrebten Verhaltensänderung entgegenwirken. Jedoch waren nach Beendigung der intensiven körperlichen Belastung auch positive Auswirkungen auf affektive Valenzen nachweisbar (Hall et al. 2002).

Ekkekakis und Petruzzellu (1999) sehen unter Berücksichtigung themenrelevanter Studien bei Erwachsenen eine inverse Beziehung zwischen Belastungsintensität und Adhärenz, heben jedoch auch hervor, dass bestehende Theorien in diesem Bereich vorläufigen Charakter aufweisen und empirisch nicht hinreichend abgesichert sind. Zudem fanden einige Studien nach 2jähriger Bewegungsintervention Hinweise für eine bessere Adhärenz derjenigen Teilnehmer, die das Training mit höherer Intensität absolviert hatten (King et al. 1995). Für eine aktuelle Diskussion dieser im Gesundheitssport zunehmend relevanten Thematik sei auf Ekkekakis et al. (2005) verwiesen. Weitgehend unklar bleibt zum aktuellen Zeitpunkt, inwieweit derartige Erkenntnisse auf Kinder und Jugendliche übertragbar sind (Fulton et al. 2001).

Mit zunehmendem Alter sehen Jugendliche die Therapie als Chance, einen als belastend erlebten Zustand zu verändern. Möglicherweise wird eine höhere Intensität zum Erreichen dieser Ziele von bewegungsunerfahrenen Personen als wirksamer angesehen. In diesem Fall ist den adipösen Adoleszenten zu vermitteln, dass nur eine langfristige Verhaltensänderung im Sinne einer dauerhaften und regelmäßigen Steigerung der körperlichen Aktivität zu einer dauerhaften Gewichtsreduktion führen kann, und dass eine hohe Intensität initial eine untergeordnete Rolle für den Therapieerfolg spielt (NHMRC 2003, Wabitsch und Kunze 2004, AGA 2004, Strong et al. 2005). Ein Monitoring der Belastungsintensität kann solchen Patienten bei der Belastungssteuerung helfen und in Verbindung mit der Evaluation des Therapieprozesses das Bemühen der Therapeuten um eine bestmögliche Versorgung dokumentieren. Die gezielte Prognose und Überprüfung von Leistungssteigerungen kann einen günstigen Einfluss auf die Motivation und Selbstwirksamkeitsüberzeugung von Patienten haben. Jedoch sollte dieser Aspekt nicht zu stark auf Kosten der sozial-affektiven Wirkungen in den Vordergrund rücken (Jaeschke 2005).

6.3.3 MVPA-Anteil

Analog zu den bisher diskutierten Belastungskennzahlen lassen sich hinsichtlich des Anteils moderater bis intensiver körperlicher Belastung (MVPA) nur für Walking Differenzen mit den übrigen Bewegungsangeboten statistisch absichern. Hypothese H 4 findet somit durch die vorliegenden Ergebnisse Bestätigung. Trotzdem kann auch im Hinblick auf den kardiovaskulär trainingswirksamen Zeitanteil empfohlen werden, die Zusammenstellung eines bewegungstherapeutischen Interventionsprogramms weitgehend nach belastungs-unabhängigen Gesichtspunkten wie Präferenz der Zielgruppe, abwechslungsreiche Programmgestaltung und organisatorische Rahmenbedingungen zu tätigen.

Die relative Dauer moderater bis intensiver körperlicher Belastung der Bewegungsangebote (Tabelle 5, Diagramm 10) unterscheidet sich allerdings erheblich. Dies ist im Wesentlichen auf die mit dem gewählten Verfahren verbundene Verstärkung der bereits erheblichen interindividuellen Unterschiede zurückzuführen. Eine Analyse der Rohdaten der relativen Belastungsintensität im Verlauf des Trainings auf dem Fahrradergometer zeigt, dass sich einige Teilnehmer permanent geringfügig über der Schwelle belasteten und dadurch auf gut 90% MVPA- Anteil kamen, während andere knapp darunter blieben und einen Anteil von unter 10% MVPA aufwiesen. Eine belastbare Aussage für die Fahrradergometer- und Walking-Angebote erscheint vor diesem Hintergrund erst bei der Analyse einer größeren Stichprobe und der wiederholten Erfassung von Bewegungsverhalten möglich. Das vorliegende Ergebnis führt vor Augen, wie problematisch die Definition von Schwellen trotz der grundsätzlichen Notwendigkeit von Empfehlungen ist. Gleichzeitig verdeutlicht es die methodische Schwäche der Akzelerometrie, die Schwellenwerte (cutoff-Punkte) zum Bewegungsmonitoring einsetzt.

In Ermangelung objektiver Erhebungen des MVPA-Anteils strukturierter Bewegungs-therapieangebote bei adipösen Kindern und Jugendlichen kann sich eine Bewertung der Effektivität der Nutzung der Trainingszeit am Bewegungsverhalten von normalgewichtigen Kindern und Jugendlichen im Schulunterricht oder in Schulpausen orientieren. Verstraete et al. (2006) fanden bei 11jährigen in Schulpausen bei spontanem oder durch Spielgeräte angeregtem Bewegungsverhalten einen MVPA-Anteil zwischen 34 und 56%. McKenzie et al. (1997) ermittelten 48% und Stratton (2000) 35-41% MVPA-Anteil, jeweils bei 5-7jährigen in Schulpausen. Noch aktiver zeigten sich 5-11jährige in den Pausen bei Sleaf und Warburton (1996) mit 49-59%, während Wang et al. (2005) bei 12jährigen von 31% MVPA-Anteil am Sportunterricht berichten. Im Zuge der US-Initiative „Healthy People 2010“ (USDHHS 2000) wurde mit Hilfe des SOFIT Observationssystems (System for Observing Fitness Instruction Time, McKenzie et al. 1991) die Qualität des Schulunterrichts bei über 800 Kindern der dritten Klasse erhoben. In zehn unterschiedlichen Schulen lag der unterrichtliche MVPA-

Anteil zwischen 30% und 42% und blieb somit durchweg unter der „Healthy People 2010“-Zielsetzung von 50% (USDHHS 2000, NICHD 2003).

Die Vergleichbarkeit dieser Ergebnisse untereinander als auch mit der vorliegenden Untersuchung ist aufgrund der Verwendung unterschiedlicher methodischer Verfahren (HF-basiert, Akzelerometrie, visuelle Observation) sowie der oben angesprochenen konzeptionellen Schwächen eingeschränkt. Zudem könnten Kinder durch lange Phasen der Inaktivitäten vor Schulpausen dort zu besonders hoher Aktivität angeregt werden. Medianwerte der MVPA-Anteile zwischen 45% (Wasserspiele) und 67% (große Spiele) sprechen jedoch für eine effektive Nutzung der zur Verfügung stehenden Zeit bei den Bewegungsangeboten mit intermittierendem Charakter, insbesondere bei Berücksichtigung der speziellen Voraussetzungen der untersuchten Population. Dies könnte zum einen auf die besondere Konzentration des Therapieprogramms auf die Aktivierung der Teilnehmer und die spezielle Ausbildung der Therapeuten zurückzuführen sein, zum anderen auf die geringere Gruppengröße, die sich meist zwischen 8 und 15 bewegte. Auch hier wären jedoch verstärkte Bemühungen um eine weitere Individualisierung der Belastungsgestaltung zu begrüßen. Gemittelt über eine komplette Therapiewoche zeigten sich die Jungen mit durchschnittlich 50% gegenüber den Mädchen mit 45% MVPA als geringfügig aktiver. Dieser geschlechtsspezifische Unterschied fiel bei den oben aufgeführten Untersuchungen im schulischen Kontext wesentlich deutlicher aus (Sleap und Warburton 1996, McKenzie et al. 1997, Stratton 2000, NICHD 2003, Verstraete et al. 2006).

6.3.4 Beanspruchungsverteilung

Der intraindividuelle Variationskoeffizient des Energieumsatzes innerhalb einer Therapiestunde (Tabelle 5) sowie die angebotsspezifischen Beanspruchungsprofile (Diagramm 11 und Diagramm 12) dokumentieren den zu erwartenden Unterschied zwischen intermittierenden und kontinuierlichen Anforderungsprofilen. Durch die Vorgabe der Wattzahl bei der Fahrradergometrie (65-80 W) sowie die notwendige Anpassung der Laufgeschwindigkeit an die Gruppe bei Walken und Wandern ergibt sich eine hohe Kurtosis des Beanspruchungsprofils. Bewegungsangebote mit häufigem Belastungswechsel zeigen dagegen eine breite Beanspruchungsverteilung. Dabei weist Bahnschwimmen trotz des prinzipiell kontinuierlichen Charakters eine nur geringfügig schmalere Verteilungskurve auf als Bewegungsangebote mit intermittierendem Charakter. Anhand der Stundenprotokolle und des HF Monitoring lässt sich dies zum Teil auf eine hohe initiale Anfangsgeschwindigkeit der Teilnehmer zurückführen, die mit zunehmender Trainingsdauer des Trainings reduziert und zum Ende hin von Pausen am Beckenrand unterbrochen wurde. Zu bedenken ist jedoch auch, dass bei einer heterogenen Stichprobe durch die Mittelung der Beanspruchungsprofile wichtige Informationen verloren gehen können. Wenn zwei Teilnehmer mit deutlich

unterschiedlicher Intensität aktiv sind und sich jeweils über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg sehr gleichmäßig beanspruchen, dann weisen beide Beanspruchungsprofile für sich allein eine positive Kurtosis auf. Gemittelt ergäbe sich jedoch ein scheinbar breites Beanspruchungsprofil mit negativer Kurtosis. Schwimmen ausgenommen, legen blickdiagnostische Analysen individueller Belastungsprofile sowie die MAD als Streuungsmaß jedoch nahe, dass dieser Überlagerungseffekt keinen wesentlichen Einfluss auf die Form der Beanspruchungsprofile hatte.

Die Beanspruchungsprofile dokumentieren erwartungsgemäß, dass der Zeitanteil intensiver körperlicher Beanspruchung wesentlich vom Bewegungsangebot abhängt. Körperliche Belastung mit einer Intensität über der anaeroben Schwelle, über einen längeren Zeitraum durchgeführt, wird mit metabolischer Azidose, Hyperventilation und verstärkter subjektiver Anstrengung assoziiert. Kinder und Jugendliche verfügen über eine geringe anaerob-laktazide Kapazität und wählen eine derartige Belastungsform im Regelfall nur in zeitlimitierten, intermittierenden Phasen (Malina et al. 2004, Bar-Or 2004). In Abhängigkeit von Trainingszustand und Belastungsform liegt die anaerobe Schwelle zwischen 60-90% der maximalen Sauerstoffaufnahme (Heck 1990, Meyer und Kindermann 1999). Schätzt man für die Teilnehmer des untersuchten Therapieprogramms aufgrund ihrer speziellen Voraussetzungen die Lage ihrer anaeroben Schwelle auf konservative 60% $\text{VO}_{2\text{max}}$, dann absolvierten diese $24 \pm 13\%$ (Median \pm MAD) der aktiven Trainingszeit mit Intensitäten oberhalb der anaeroben Schwelle. Die Range von 3-55% dokumentiert dabei erhebliche Zwischensubjektunterschiede. Anhand des Bewegungsprotokolls und des HF-Monitoring zeigte sich, dass diese Phasen intensiver Belastung meist von kurzer Dauer waren.

Insbesondere bei Spielformen können die Heranwachsenden selbstbestimmt und ohne Vorgabe durch den Therapeuten entscheiden, wie intensiv sie sich beteiligen wollen (Bar-Or 1995). Vor diesem Hintergrund dokumentieren die Beanspruchungsprofile einen interessanten Aspekt: Körperliche Aktivität mit einer Intensität über der anaeroben Schwelle trat im Wesentlichen bei solchen Bewegungsangeboten auf, die den Kindern und Jugendlichen weitgehend freie Möglichkeiten zur Belastungsgestaltung bot. Möglicherweise lassen Bewegungsangebote, bei denen ein für die Zielgruppe unmittelbar greifbares und motivierendes Ziel im Vordergrund steht (beispielsweise der Ball, der spielerische Wettstreit oder der Einsatz für das eigene Staffelteam), die subjektiv empfundene Anstrengung in den Hintergrund treten und ermöglichen eine intensive Beteiligung (Bar-Or 1995, AAP 2001, Poulsen und Ziviani 2004). Bewegungsangebote dieser Art empfehlen sich auch für die spätere ambulante Weiterführung der Bewegungsaktivitäten und versprechen langfristig eine bessere Adhärenz. Die Beanspruchungsverteilung dokumentiert somit eine vergleichsweise hohe Motivation und Bewegungsbereitschaft von Kindern und Jugendlichen bei

Bewegungsangeboten mit offener Belastungsgestaltung und hohem Aufforderungscharakter. Der Befund deckt sich mit dem subjektiven Eindruck, der während der Observation zur Protokollierung der Stunden gewonnen wurde. Vor diesem Hintergrund erscheint die Auswahl der Bewegungsangebote für einen Großteil der Teilnehmer gelungen und kann im Hinblick auf die Befindlichkeit und die langfristige Bindung der Zielgruppe als richtungsweisend für die stationäre Therapie gelten.

Im Hinblick auf eine aussagekräftige Charakterisierung der Belastungsstruktur unterschiedlicher Bewegungsangebote präsentiert sich die gewählte Darstellungsform als zweckmäßig. Sie wird der Komplexität des kindlichen Bewegungsverhaltens besser gerecht als die alleinige Darstellung von Maßen der zentralen Tendenz und der Streuung, wie sie in Übersichten zu energetischen Kosten körperlicher Aktivität (Ainsworth et al. 1993, Ainsworth et al. 2001) und bei der Angabe des aktivitätsinduzierten Energieumsatzes (Livingstone et al. 1992, Maffei et al. 1995, Lazzer et al. 2003) zu finden ist.

6.3.5 Vergleich ausgewählter Belastungskenngrößen mit bisher publizierten Ergebnissen

Unterschiedliche Kompendien und Klassifikationen des Energieumsatzes bei körperlicher Aktivität stützen sich häufig auf die gleichen Publikationen, was die überschaubare Datenlage in diesem Forschungsbereich dokumentiert. Beispielsweise finden sich Daten von Passmore und Durnin aus dem Jahr 1955 bei Ainsworth et al. 1993 und 2000, bei Montoye et al. 1996 sowie bei Vaz et al. 2005 wieder. Eine Mehrzahl dieser Daten wurde mit Hilfe von indirekter Kalorimetrie bei Erwachsenen erhoben.

Tabelle 8 stellt die Belastungskenngrößen der untersuchten Bewegungsangebote (grauer Balken) den Angaben aus der Literatur gegenüber. Berücksichtigung finden dabei zum einen Daten aus dem Kompendium körperlicher Aktivitäten von Ainsworth et al. (1993, 2000), welche sich auf Erwachsene beziehen. Zum anderen wird eine Auswahl an Studien aufgeführt, die eine vergleichbare Bewegungsform bei Kindern mit Hilfe objektiver Referenzmethoden untersuchten. Die in der Tabelle zitierten Publikationen wurden über eine PubMed-Literaturrecherche sowie persönliche Kommunikation mit ausgewiesenen Experten ermittelt³. In die Recherche einbezogen wurde auch eine Übersicht von Ridley et al 2005 mit über 400 Datensätzen zum Energieumsatz von Kindern und Jugendlichen bei verschiedenen körperlichen Aktivitäten. Nicht berücksichtigt wurden in dieser Übersicht

³ Barbara Ainsworth, University of South Carolina, Columbia, USA; Robert McMurray, University of North Carolina at Chapel Hill, USA; Klaas Westerterp, University of Maastricht, Niederlande; Barbara Livingstone, University of Ulster, Nordirland; und Kate Ridley, Flinders University, Adelaide, Australien

Energieumsatzerhebungen bei ambitionierten Freizeit- oder Leistungssportlern (beispielsweise Findeisen et al. 1976, Spitzer et al. 1982).

Aus der Tabelle geht hervor, dass bisher nur wenige Untersuchungen die Intensität und den Energieumsatz sportorientierter Bewegungsangebote bei Kindern und Jugendlichen vergleichend erfasst haben (Kohl et al. 2000, Ridley et al. 2005).

Tabelle 8

Autor	Setting/Ziel	Erhebungsmethode	Alter (Jahre)	N Geschlecht	BMI (kg*m ⁻²)	Bewegungsangebot	VO ₂ (ml*kg ⁻¹ min ⁻¹)	METs	EE (kcal*min ⁻¹)	Rel. Belastung (%VO _{2max})
Schwimmen <i>Vorliegende Untersuchung</i>										
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	HF-Flex Meist indirekte Kalorimetrie	13,6±1,4	8 M, 12 W	31,8±4,1	Moderates Schwimmen	16,3±4,9	4,7±1,4	7,0±2,1	54±14
Poujade et al. 2002	Erfassung von EE-Einflussfaktoren	Indirekte Kalorimetrie	Erwachsene	k.A.	k.A.	Schwimmen, moderate Intensität	14,0	4,0	4,8 ^d	36 ^d
Bedale 1923	Erhebung Tages-EE	Indirekte Kalorimetrie	12,4±0,5	8 M, 3 W	17,7±0,9	Schwimmen, Freistil, 0,9 m/s	37,2±4,0	10,6±1,1 ^a	7,7±0,8 ^a	72±8 ^a
			15,3	9 M	18,6	Schwimmen	37,3	10,7	9,0	70 ^d
			12,8	11 W	18,0		25,2	7,2	5,6	61 ^d
Wasserspiele <i>Vorliegende Untersuchung</i>										
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	HF-Flex Meist indirekte Kalorimetrie	13,6±1,4	8 M, 12 W	31,8±4,1	Wasserspiele	14,7±3,6	4,2±1,0	6,3±1,5	49±12
			Erwachsene	k.A.	k.A.	Aktivitäten im Wasser, Wasservolleyball	10,5	3,0	3,6 ^d	27 ^d
Fahrradergometrie <i>Vorliegende Untersuchung</i>										
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	HF-Flex Meist indirekte Kalorimetrie	13,6±1,4	8 M, 12 W	31,8±4,1	Fahrradergometer 65-80 W	16,0±3,1	4,6±0,9	6,9±1,3	54±8
			Erwachsene	k.A.	k.A.	Fahrradergometer 50W	10,5	3,0	3,6 ^d	27 ^d
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	Meist indirekte Kalorimetrie	Erwachsene	k.A.	k.A.	Fahrradergometer 100W	19,3	5,5	6,6 ^d	50 ^d
Rieper et al. 1993	Bestimmung der EE-Variabilität	Indirekte Kalorimetrie	14-15	11 W	21,2±0,7	Fahrradergometer 30 W	12,7±1,6	3,6±0,5	3,3±0,4	27±4 ^d

Autor	Setting/Ziel	Erhebungsmethode	Alter (Jahre)	N Geschlecht	BMI (kg*m ⁻²)	Bewegungsangebot	VO ₂ (ml*kg ⁻¹ min ⁻¹)	METs	EE (kcal*min ⁻¹)	Rel. Belastung (%VO _{2max})
Kräftigungszirkel <i>Vorliegende Untersuchung</i>										
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	Meist indirekte Kalorimetrie	13,6±1,4	8 M, 12 W	31,8±4,1	Kräftigungszirkel	15,5±3,0	4,4±0,9	6,6±1,3	52±8
			Erwachsene	k.A.	k.A.	Moderate Kräftigungsübungen (Rumpf, Rücken)	15,8	4,5	5,4 ^d	41 ^d
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	Meist indirekte Kalorimetrie	Erwachsene	k.A.	k.A.	Circuit Training	28,0	8,0	9,5 ^d	72 ^d
Kleine Spiele <i>Vorliegende Untersuchung</i>										
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	Meist indirekte Kalorimetrie	13,6±1,4	8 M, 12 W	31,8±4,1	Kleine Spiele	15,5±4,4	4,4±1,3	6,7±1,9	52±14
			Erwachsene	k.A.	k.A.	Kinderspiele ^e	16,5	5	5,6 ^d	42 ^d
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	Meist indirekte Kalorimetrie	Erwachsene	k.A.	k.A.	Badminton, moderat, Freizeitspiel	15,8	4,5	5,4 ^d	41 ^d
Bedale 1923	Erhebung Tages-EE	Indirekte Kalorimetrie	13,6 12,8	11 M 11 W	17,0 18,0	Kinderspiele	23,9 20,0	5,2 3,8	5,1 4,4	46 ^d 49 ^d
Stewart et al. 2004	Evaluation eines schulischen Bewegungsprogramms	Akzelerometer und Pedometer	5. Klasse (10-11 Jahre)	23 M+W	18,7 ^d	„math on the run“ „stories in space“ „aim for fitness“	25,2 ^b 22,5 ^b 17,4 ^b	7,2±1,0 6,4±0,9 5,0±0,5	4,3±0,6 3,8±0,6 3,0±0,3	54±7 ^d 48±7 ^d 37±4 ^d

Autor	Setting/Ziel	Erhebungsmethode	Alter (Jahre)	N Geschlecht	BMI (kg*m ⁻²)	Bewegungsangebot	VO ₂ (ml*kg ⁻¹ min ⁻¹)	METs	EE (kcal*min ⁻¹)	Rel. Belastung (%VO _{2max})
Große Spiele <i>Vorliegende Untersuchung</i>										
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	HF-Flex Meist indirekte Kalorimetrie	13,6±1,4	8 M, 12 W	31,8±4,1	Große Spiele	16,9±5,7	4,8±1,6	7,2±2,5	55±16
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	Meist indirekte Kalorimetrie	Erwachsene	k.A.	k.A.	Basketball, moderat, Freizeitspiel	21,0	6	7,1 ^d	54 ^d
Bedale 1923	Erhebung Tages-EE	Indirekte Kalorimetrie	13,6	7 M	17,0	Fußball, moderat, kein Wettkampf	24,5	7	8,3 ^d	63 ^d
Eisenmann et al. 2004	Akzelerometer-Validierung	Indirekte Kalorimetrie	11,4±0,4	5 W, 7 M	19,6±1,1	Basketball, freies Spielen	36,2±5,5	10,3±1,6	7,4±2,0	77±12 ^d
Treuth et al. 2004	Akzelerometer-Kalibrierung	Indirekte Kalorimetrie	14,1±0,3	69 W	23,4±5,8	Basketball, Körbe werfen	24,3±4,8	6,5±1,6	7,1 ^d	67±13,2
Puyau et al. 2002	Akzelerometer-Kalibrierung und Validierung	Indirekte Kalorimetrie	11,1±2,9 (W) 10,7±2,9 (M)	12 W 14 M	17,3±2,1 (W) 18,7±2,0 (M)	Fußball, Dribbeln durch Hütchen	20,3 ^d	3,7±0,7 ^c	3,6±0,7	44 ^d

Autor	Setting/Ziel	Erhebungsmethode	Alter (Jahre)	N Geschlecht	BMI (kg*m ⁻²)	Bewegungsangebot	VO ₂ (ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹)	METs	EE (kcal*min ⁻¹)	Rel. Belastung (%VO _{2max})
Walking <i>Vorliegende Untersuchung</i>										
Ainsworth et al. 1993	Kompendium PA	HF-Flex Meist indirekte Kalorimetrie	13,6±1,4	8 M, 12 W	31,8±4,1	Walking	11,5±2,4	3,3±0,7	4,9±1,0	39±8
Merati et al. 2001	EE beim Gehen mit/ohne Schulranzen	Indirekte Kalorimetrie	Erwachsene 11,4±0,6	k.A. 18 M	k.A. 20,3±1,5	Gehen, 4,8 km/h Gehen, 3 km/h	12,3 11,3±2,2	3,5 2,6±0,6	4,2 ^d 2,1 ^d	31 ^d 22±4 ^d
Treuth et al. 2004	Validierung von Akzelerometer Daten	Indirekte Kalorimetrie	14,1±0,3	72 W	23,4±5,8	Gehen, 4 km/h	11,8±2,5	3,4±0,6	2,8 ^d	32±6,8
Spadano et al. 2003	Validierung von MET Angaben	Indirekte Kalorimetrie	11,8±0,4	17 W	19,3±1,6	Gehen, 4,8 km/h	12,6±1,8	3,6±0,5	3,6±0,3	31±4 ^d
Volpe Ayub und Bar-Or 2003	Vergleich EE adipöse vs. normalgewichtige Heranwachsende	Indirekte Kalorimetrie	12,9±1,5	9 M	28,4±2,8	Gehen, 4 km/h Gehen, 5 km/h Gehen, 6 km/h	10,6±0,4 13,5±1,0 17,9±1,9	3,0±0,1 3,9±0,3 5,1±0,5	3,7±0,5 4,7±0,8 6,4±1,1	20±1 ^d 26±2 ^d 34±4 ^d

Tabelle 8: Untersuchungen zu Sauerstoffaufnahme, Energieumsatz und relativer Belastung bei verschiedenen Bewegungsangeboten. Mittelwert ± Standardabweichung (sofern in Originalpublikation angegeben). BMI: Body-Mass Index; EE: Energieumsatz; k.A.: keine Angabe; M: männlich; MET: metabolisches Äquivalent (3,5 ml*kg⁻¹*min⁻¹ VO₂); PA: Körperliche Aktivität; W: weiblich

^a Parameter wurde aus anderen Angaben in der Publikation rechnerisch hergeleitet

^b Parameter wurde über die Verwendung des kalorischen Äquivalents hergeleitet

^c Berechnung der MET Werte auf Basis des individuellen Ruheenergieumsatzes, welcher bei Kindern in der Regel über 3,5 ml*kg⁻¹*min⁻¹ liegt

^d Parameter wurde auf Basis von Normwerten aus der Literatur hergeleitet (ACSM 2000, Ogden et al. 2002, Bar-Or 2004, Malina et al. 2004)

^e Völkerball, Ball über die Schnur, Mini-Baseball und andere kleine Spiele

Während körperlicher Aktivität ist der körperlgegewichtsbezogene Energieumsatz Heranwachsender größer als bei Erwachsenen (Montoye 1982). Dies umfasst auch Bewegungsformen mit vergleichsweise geringen koordinativen Anforderungen wie dem Gehen und ist möglicherweise auf das abweichende Verhältnis von Körperoberfläche zu Körpergewicht bei Heranwachsenden zurückzuführen. Auch unter Berücksichtigung des bei Kindern leicht erhöhten Ruheenergieumsatzes unterschätzen die in den Kompendien genannten MET Werte den tatsächlichen Energiebedarf (Torun 1983, Montoye et al. 1996). Eine unreflektierte Übertragung von Daten aus dem Kompendium körperlicher Aktivitäten (Ainsworth 1993, 2000) wird daher von vielen Autoren sowie den Verfassern des Kompendiums selbst abgelehnt (Ainsworth et al. 1993, Ainsworth et al. 2000, Kohl et al. 2000, Ridley et al. 2005; vgl. Kapitel 2.5).

Gemäß Literatur weisen Übergewichtige bei einer definierten absoluten Belastung, bei der das Körpergewicht nicht getragen werden muss (wie zum Beispiel Fahrradergometrie), einen höheren absoluten Energieumsatz auf als Normalgewichtige. Relativ zum Körpergewicht ausgedrückt, würde er auf Basis von MET-Werten für die Normalbevölkerung jedoch überschätzt (Hulens et al. 2001). Muss bei einer Belastung das eigene Körpergewicht gegen die Schwerkraft durch aktive Muskelarbeit bewegt werden, so wird der tatsächliche Energieumsatz unterschätzt (Foster 1995). Jedoch scheinen die Belastungskennzahlen in Tabelle 8 nicht primär durch das Alter und die Belastungsform (Körpergewicht tragend versus nicht-tragend) beeinflusst.

Dagegen spielt beim Vergleich absoluter Kennzahlen wie der absoluten Sauerstoffaufnahme ($L \cdot \text{min}^{-1}$) oder des Energieumsatzes ($\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$) zwischen normalgewichtigen und adipösen Kindern und Jugendlichen zum einen das Körpergewicht eine entscheidende Rolle. In Übereinstimmung mit bisherigen Studien liegt dementsprechend der absolute Energieumsatz für die Durchführung der gleichen Aktivität bei übergewichtigen Heranwachsenden höher als bei Normalgewichtigen (Prentice et al. 1996, Sothorn 2001, Westerterp 2003, Hebestreit 2005, Vermorel et al. 2005). Dies erklärt auch, warum sich im Alltag Gesamtenergieumsatz und aktivitätsbedingter Umsatz bei Normalgewichtigen und Adipösen nicht wesentlich zu unterscheiden scheinen (Westerterp 2003, Hebestreit 2005), obwohl adipöse Kinder und Jugendliche sportliche Aktivitäten in geringerem Umfang als ihre nicht adipösen Altersgenossen ausüben (Trost et al. 2001, Hebestreit 2005). Zum anderen tritt bei körperlgegewichtsbezogener Angabe (VO_2 in $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ oder EE in $\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) die limitierende Rolle der reduzierten funktionalen Kapazität deutlich zutage: Hier weisen normalgewichtige Heranwachsende durchweg eine höhere Sauerstoffaufnahme auf. Insgesamt erscheinen die adipösen Kinder und Jugendlichen aufgrund ihres erhöhten Gewichts und ihrer vergleichsweise reduzierten relativen aeroben Kapazität eher

vergleichbar mit normalgewichtigen Erwachsenen, als mit normalgewichtigen Heranwachsenden.

Die kardiorespiratorische Beanspruchung der adipösen Kinder und Jugendlichen liegt beim Schwimmen höher als die indirekt aus den Daten von Ainsworth et al. (1993) ermittelte Beanspruchung bei Erwachsenen, jedoch unter der Beanspruchung normalgewichtiger Kinder. Aufgrund der vergleichsweise hohen relativen aeroben Kapazität weisen die normalgewichtigen Jugendlichen im Durchschnitt eine annähernd doppelt so hohe Sauerstoffaufnahme und trotz ihres geringen Körpergewichts einen vergleichbaren absoluten Energieumsatz auf. Diese Relationen verdeutlichen die Überlegenheit der relativen Belastungsintensität für Vergleiche aktivitätsinduzierter Beanspruchungen.

Aufgrund der normierten Festlegung der absoluten Belastung bieten einzig noch die Fahrradergometrie sowie das Walking einen guten Anhaltspunkt für Vergleiche aller Belastungskennzahlen. Bei der Fahrradergometrie ordnet sich die relative Sauerstoffaufnahme gut zwischen den Werten der Erwachsenen ein, Energieumsatz und relative Belastung liegen erwartungsgemäß über den Angaben für Erwachsene. Ein ähnliches Bild – vergleichbare Sauerstoffaufnahme, höherer Energieumsatz und höhere relative Belastung – ergibt sich beim Walking im Vergleich mit normalgewichtigen Kindern und Erwachsenen.

Der Kräftigungszirkel scheint im Vergleich mit den Normdaten von Ainsworth et al. (1993) hinsichtlich der Beanspruchung eher einem kardiovaskulär moderat beanspruchenden Kräftigungsprogramm zu entsprechen als dem klassischen, intensiven Zirkeltraining. Die tendenziell geringere relative Belastung bei den kleinen Spielen im Vergleich zu den großen Spielen korrespondiert mit den Ergebnissen anderer Autoren (Bedale 1923, Eisenmann et al. 2004, Treuth et al. 2004, Stewart et al. 2004).

Die skizzierte Problematik der Einbeziehung des Körpergewichts bei der Angabe von Belastungskenngrößen scheint bislang ungelöst. Prentice et al. 1996 belegen schlüssig, dass bei unsachgemäßer Verwendung sowohl körpergewichtsbezogene als auch absolute Messwerte bestenfalls für Unklarheit sorgen und im ungünstigen Fall zu einer Fehlinterpretation von Messergebnissen führen (vgl. auch Torun 2001, Ireton-Jones 2005, Krenitsky 2005). Sie empfehlen die Verwendung eines Denominators von 0,5, betonen aber gleichzeitig, dass dessen universeller Einsatz individuellen und bewegungsspezifischen Voraussetzungen nicht gerecht wird (vgl. auch Kapitel 6.1.2.3):

In fact, we conclude that it is impossible ever to develop a generally applicable adjustment factor since the appropriate exponent for body weight is itself dependent on each individual's daily mix of activities with the exponent rising as people are more active and undertake more weight-dependent activities (Prentice et al. 1996, 690)

Nicht zuletzt aus diesem Grund ist es auch notwendig, dass Empfehlungen oder Normwerte spezifische Angaben zum Gültigkeitsbereich (Alter und Körpergewicht) machen, insbesondere wenn die betreffenden Informationen auch an Übergewichtige disseminiert werden. Auch ist klar zwischen Energiemehrumsatz (Gesamtumsatz minus Ruheumsatz) und Energieumsatz (Gesamtumsatz inklusive Ruheumsatz) bei körperlicher Aktivität zu differenzieren.

Nur wenige Untersuchungen hinterfragen explizit, ob die Zuordnung von MET Werten für bestimmte Formen körperlicher Aktivität unter der Annahme, dass der Quotient aus Energieumsatz und Ruheumsatz einen vom Körpergewicht unabhängigen Index generiert, statthaft ist. Spadano et al. (2003) berichten, dass die Verwendung eines durchschnittlichen MET Wertes den tatsächlichen Energieumsatz übergewichtiger Kinder unter- und normalgewichtiger Kindern überschätzt. Die Heranziehung von MET Werten, beispielsweise bei der Auswertung fragebogenbasierter Erhebungsinstrumente, kann hinsichtlich des Körpergewichts zu präjudizierten Ergebnissen führen (Schmitz 1998). Gleichzeitig erscheint eine Ordinalskalierung (leicht, moderat oder intensiv) der relativen Intensität einer Belastung anhand von METs (vgl. Kapitel 2.3) bei genauer Betrachtung nicht statthaft, da dekontionierte Kinder aufgrund ihrer begrenzten maximalen Sauerstoffaufnahme rein rechnerisch nicht in der Lage sind, intensive Belastungen durchzuführen.

Die Einrichtung und konsequente Einhaltung international akzeptierter Konventionen zur Datenanalyse bei Belastungskenngrößen und die konsequente Verwendung von Standard-Einheiten – möglicherweise mit allometrischer Skalierung – würde nicht nur den Vergleich wissenschaftlicher Arbeiten erleichtern, sondern auch einem breiteren Publikum den Zugang zu der Thematik erleichtern (Prentice et al. 1996).

6.3.6 Präferenzen

Adipöse Kinder und Jugendliche können zu Beginn eines Bewegungsprogramms zögerlich eingestellt sein und sich in Bezug auf ihre eigenen körperlichen Fähigkeiten verunsichert fühlen (Bar-Or 1995). Bewegungsangebote, die als zu anstrengend oder zu langweilig empfunden werden, oder bei deren Durchführung der Teilnehmer aus seiner Sicht häufig in peinliche Situationen gerät, werden nach Ende einer strukturierten Bewegungsintervention selten weiter betrieben (Bar-Or 1995, Jaeschke 2005). Die American Academy of Pediatrics (AAP) fasst die notwendigen Eigenschaften von Bewegungsprogrammen wie folgt zusammen:

For children and preadolescents, factors such as fun, success, variety, freedom, family participation, peer support, and enthusiastic leadership encourage and maintain participation, whereas others such as failure, embarrassment, competition,

boredom, regimentation, and injuries discourage subsequent participation. (AAP 2001, 1460)

Präventives oder rehabilitatives Training erfordert daher mehr als die reine körperliche Belastung mit dynamischem Einsatz großer Muskelgruppen bei überschwelliger Reizsetzung zur Auslösung trainingsrelevanter funktioneller Adaptationen (Bös und Banzer 1998). Vor dem Hintergrund der zentralen Bedeutung der Nachhaltigkeit erscheint nicht nur die adäquate Abstimmung der Belastungskomponenten zur Erzielung positiver Bewegungserfahrungen relevant, sondern insbesondere auch die Berücksichtigung individueller Neigungen (Bar-Or 1995, Jaeschke 2005, Lawrenz und Lawrenz 2005). Bewegungsangebote sollten in einer Form präsentiert werden, die dem Entwicklungsstand angemessen ist und Vergnügen bereitet (AAP 2001, Wabitsch und Kunze 2004, Fox 2004, Poulsen und Ziviani 2004). Schließlich wird das Verhalten von Kindern und Jugendlichen langfristig zu großen Teilen von Faktoren geprägt, welche sich der klassischen Gesundheitserziehung entziehen (Reinehr 2006). Kinder und Jugendliche werden sich nicht deshalb mehr bewegen, weil man ihnen sagt, dass diese Verhaltensänderung 30 Jahre später ihrem Blutdruck zugute kommen könnte. Trotzdem beschäftigen sich wenige Publikationen mit den sport- und bewegungsbezogenen Neigungen Heranwachsender, und ein systematischer Vergleich der Präferenzen verschiedener Altersgruppen adipöser und normalgewichtiger Kinder und Jugendlicher steht aus.

Die Erhebung der Teilnehmerpräferenzen ergab, dass bei den Jungen große Spiele (Median des Beliebtheitsrangs 2,0) und Wasserspiele (2,0) zu den beliebtesten Bewegungsangeboten gehörten, gefolgt von Fahrradergometrie (4,0) und Schwimmen (4,25), während bei den Mädchen kleine Spiele (2,0), gefolgt von Wasserspielen (3,0) und großen Spielen (3,0) sowie Schwimmen (4,0) am beliebtesten waren. Etwas weniger beliebt waren bei den Mädchen Fahrradfahren (5,0) und bei den Jungen kleine Spiele (4,75), während Walking (6,0 und 7,0) und Kräftigungszirkel (6,25 und 6,0) bei beiden Geschlechtern gleichermaßen unbeliebt waren. Der größte geschlechtsspezifische Unterschied trat somit bei den kleinen Spielen auf. Insgesamt sprechen jedoch die geringen Zwischenpersonenunterschiede für eine hinsichtlich ihrer Neigungen vergleichsweise homogene Zielgruppe. Auch wenn es überraschend erscheint, dass bei den Jungen Fahrradfahren und Schwimmen beliebter waren als kleine Spiele, bestätigen diese Ergebnisse weitgehend die in der Literatur und in den Leitlinien zu findende Einschätzung, dass aerobe Dauerbelastungen einen geringen Aufforderungscharakter aufweisen, während intervallartige Belastungen mit spielerischem Charakter den Geschmack der Zielgruppe treffen (Bar-Or 1995, NHMRC 2003, Wabitsch und Kunze 2004). Die hier ermittelten zielgruppenspezifischen Neigungen sollten nach Möglichkeit in noch stärkerem Maße als bisher Eingang in die Therapieplanung finden.

Gemäß der WIAD-II-Studie 2003 (Klaes et al. 2003) liegt die prozentuale Häufigkeit der Nennung von Lieblingssportarten durch 11-15jährige Jungen bei Fußball (66%), Basketball (30%), Radfahren (25%), Schwimmen (19%) und Tischtennis (14%) am höchsten (Mehrfachnennungen waren möglich). Bei Mädchen lagen Schwimmen (36%) vor Radfahren (26%), (Tanzen 21%), Joggen (21%) und Inline-Skating (16%). Dass Jungen große Spiele, fahrradbasierte Bewegungsformen und Schwimmen präferieren, deckt sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung. Entgegen den Erwartungen korrespondiert dabei die Beliebtheit der scheinbar wenig kindgemäßen Fahrradergometrie bei übergewichtigen Jungen mit der Neigung zum Fahrradfahren im Freien bei Normalgewichtigen. Ein Vergleich bei den Mädchen erscheint schwieriger, da drei der in der WIAD-II-Studie genannten Bewegungsangebote gar nicht im vorliegenden Therapieprogramm enthalten waren. Zudem werden normalgewichtigen Kindern und Jugendlichen Wasserspiele üblicherweise nicht in organisierter Form angeboten (Verein, Schulsport), was die Wahrscheinlichkeit der ungestützten Erwähnung in der WIAD-II-Studie minimiert. Mithin erhält man keine Hinweise auf die interessante Frage, ob adipöse Kinder und Jugendliche tatsächlich eine stärkere Affinität zum Bewegungsraum Wasser aufweisen als normalgewichtige Heranwachsende (Bar-Or 1995).

Wenn auch eingeschränkt, erlaubt die Analyse der in der Freizeit durchgeführten Sportarten oder körperlichen Aktivitäten eine indirekte Aussage über deren Beliebtheit (Hovell et al. 1999, Klaes et al. 2000). Gemäß der WIAD-Studie 2000 sind die Favoriten unter den Freizeitsportarten bei 12-18 jährigen Jungen und Mädchen in Deutschland Radfahren (69 s. 67%), Inline-Skating (31 vs. 53%), Schwimmen (35 vs. 44%), Fußball (63 vs. 17%), Jogging (27 vs. 34%), Tischtennis (30 vs. 19%), Fitnesstraining (20 vs. 16%), Volleyball (10 vs. 18%) und Squash/Badminton (11 vs. 13%) sowie Tennis (11 vs. 11%) (Klaes et al. 2000). Tanzen als Freizeitbeschäftigung fehlt in dieser Auflistung. Auffällig ist die vergleichsweise hohe Beliebtheit von Schwimmen und Inline-Skating. Bei den Jungen zeigt sich erwartungsgemäß eine starke Präferenz für Fußball, während Mädchen mit Ausnahme von Volleyball und Tischtennis nur selten Sportsportarten durchführen. Hovell et al. (1999) befragten 12jährige in den USA nach ihren körperlichen Aktivitäten unter der Woche. Jungen und Mädchen nannten neben Rennen/Joggen (84 vs. 76%) und Gehen (68 vs. 77%) am häufigsten Fahrradfahren (58 vs. 34%), Football (64 vs. 9%), Basketball (37 vs. 18%), Tanzen (8 vs. 47%), Skateboarding/Inline-Skating (34 vs. 17%), Fußball (22 vs. 17%), Wandern/Klettern (29 vs. 8%), Baseball (23 vs. 10%), Turnen und Sportgymnastik (3 vs. 28%), Volleyball (5 vs. 24%), Schwimmen (9 vs. 15%) und Tennis (12 vs. 11%). Da für Gehen, Fahrradfahren und Rennen/Joggen nicht zwischen Fortbewegung und Sport unterschieden werden kann, erscheint eine Aussage über die Beliebtheit dieser Bewegungsformen nicht möglich. Erwartungsgemäß finden sich unter den verbliebenen Sportangeboten bei Jungen vor allem

Spielsportarten, während Mädchen in teilweiser Übereinstimmung mit WIAD I Individualsportarten mit ästhetischer Ausrichtung präferieren (Klaes et al. 2000). Der Vergleich vorliegender Ergebnisse mit den von normalgewichtigen Kindern und Jugendlichen tatsächlich durchgeführten Sportarten ergibt insgesamt bei Jungen eine höhere Übereinstimmung als bei Mädchen. Aufgrund der soziokulturellen Unterschiede zwischen den USA und Deutschland sind die Daten jedoch nur eingeschränkt vergleichbar.

Bisher ist wenig darüber bekannt, wie zeitstabil solche Neigungen sind, und inwiefern sie über Strategien der Verhaltenskontrolle beeinflusst werden können. Epstein et al. (1997) konnten beispielsweise zeigen, dass eine Verstärkung des kindlichen Verzichts auf sedentäre Beschäftigungen zu mehr körperlicher Aktivität führte als eine Restriktion des Zugangs. Epstein et al. sehen Hinweise darauf, dass die Verstärkung erwünschten Verhaltens zu einer Abnahme der Beliebtheit dieser sedentären Beschäftigung führte, während die Restriktion unerwünschten Verhaltens dessen wahrgenommene Attraktivität steigerte. Wie experimentelle Studien nachweisen konnten, ist jedoch eine derartige Beeinflussung bei adipösen Kindern ungleich schwieriger: Adipöse Kinder sind in stärkerem Maße als Normalgewichtige bereit, erheblichen Aufwand zu betreiben, um ein sedentäres Verhalten beibehalten zu können (Epstein et al. 1991).

Auch die Beziehung zwischen individueller Leistungsfähigkeit, persönlicher Neigungen und der Intensität der Beteiligung bei adipösen Kindern und Jugendlichen ist noch nicht systematisch untersucht worden. Die Ausdauerleistungsfähigkeit scheint in der vorliegenden Population nicht mit den bewegungsbezogenen Neigungen zusammenzuhängen. Mit Ausnahme der kleinen Spiele ließ sich zudem kein signifikanter Zusammenhang zwischen der individuellen relativen Belastung bei einem Bewegungsangebot und dessen Beliebtheit ermitteln. Die Vermutung, dass Bewegungsangebote ohne vorgegebene Belastungsintensität dann mit einer höheren Intensität absolviert werden, wenn sie den Neigungen der Zielgruppe entsprechen, findet mithin keine Bestätigung. Jedoch wird die Ermittlung eines Zusammenhanges in der vorliegenden Studie durch die geringe Varianz des Merkmales Präferenz und die kleine Stichprobe erschwert. Es erscheint lohnenswert, die interessante Frage des Einflusses von Neigungen auf die Beteiligung an der Bewegungstherapie anhand einer größeren Stichprobe einer konfirmatorischen Analyse zuzuführen.

Bei Erwachsenen ist der unmittelbare Einfluss einer positiven Stimmung (*enjoyment*) während körperlicher Aktivität auf die kurz- und langfristige Bindung belegt (Hall et al. 2002). Bislang fehlen entsprechende Daten für adipöse Kinder und Jugendliche in einer Therapiesituation. In Verbindung mit einem Monitoring des langfristigen Therapieerfolgs ist zudem über die reine Erhebung von Präferenzen hinaus eine Analyse der Motivstruktur für körperliche Aktivität bzw. der Einstellung zu Bewegung und Sport lohnenswert,

beispielsweise mit Hilfe der ATPA-D Skalen (*attitudes towards physical activity*) (Singer et al. 1980). Auch erscheint es sinnvoll, stärker als bisher Konzepte zur intentionalen Verhaltensänderung wie das Transtheoretische Modell (Prochaska und DiClemente 1982) zu berücksichtigen.

6.4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Wiederholten Forderungen nach der Entwicklung evidenzbasierter Therapiekonzepte und der objektiven Dokumentation der Prozessqualität zum Trotz (Kohl et al. 2000, Riddoch und Boreham 1995, Epstein und Goldfield 1999, Sallis et al. 2000a, Epstein et al. 2001, Sleaf und Tolfrey 2001, Livingstone et al. 2003b, Fulton et al. 2004, Summerbell et al. 2005, Dietz 2005) fehlen bislang Untersuchungen zur objektiven Quantifizierung der Beanspruchung bei therapeutischen Bewegungsinterventionen. Die aktuelle Studie liefert erstmals einen Einblick in das Bewegungsverhalten und die Beanspruchung von Kindern und Jugendlichen während der stationären Adipositas therapie und vergleicht Kenngrößen der kardiorespiratorischen Belastung durch unterschiedliche Bewegungsangebote.

6.4.1 Empfehlungen zur Gestaltung der Bewegungstherapie bei adipösen Kindern und Jugendlichen

Im Ergebnis zeigte sich, dass 75% der Kinder und Jugendlichen mit ihrer Teilnahme an der stationären Komplextherapie aktuelle Empfehlungen für moderate bis intensive körperliche Aktivität (30 min täglich) erreichen oder übertreffen (USDHHS 1996, NIH 1996, Jakicic et al. 2001, Williams et al. 2002). Das untersuchte Bewegungsprogramm weist hinsichtlich Energieumsatz, relativer Intensität und Umfang moderater bis intensiver körperlicher Aktivität für den Großteil der Zielgruppe ein angemessenes, den aktuellen Empfehlungen entsprechendes Profil auf und kann als richtungsweisend gelten.

Bedenklich erscheint jedoch, dass 5 von 20 Heranwachsenden trotz 7,5h Bewegungsintervention in der Woche weniger als 2,5 h MVPA aufweisen und damit nur knapp 80% der mindestens empfohlenen MVPA-Dosis erreichen. Demzufolge scheint die Teilnahme an einem konzeptionell hochwertigen Bewegungsprogramm nicht zwangsläufig körperliche Aktivität in einem Umfang zu garantieren, der einen Therapieerfolg wie beispielsweise eine Verbesserung der kardiorespiratorischen Kapazität zu induzieren vermag. Eine noch wirkungsvollere Aktivierung von Jugendlichen mit weniger stark ausgeprägtem Bewegungsdrang ist daher erstrebenswert. Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Prozessqualität läge im Monitoring der Beanspruchung sowie einer optimierten Anpassung der Belastung an individuelle Bedürfnisse. Das Ergebnis belegt sowohl aus Sicht der Patienten, als auch aus

Sicht der Kostenträger nachdrücklich die Bedeutung einer objektiven Erfassung von Bewegungsverhalten im Rahmen der therapeutischen Intervention.

Im Hinblick auf den Energieumsatz, die relative Belastungsintensität und den Zeitanteil moderater und intensiver körperlicher Belastung (MVPA) wurden nur bei Walking signifikanten Unterschiede zu den anderen untersuchten Bewegungsangeboten evident. Walking ausgenommen, sind demnach die untersuchten Bewegungsangebote als in ähnlichem Maße effektiv für das Erreichen therapeutischer Outcomes wie eine Gewichtsreduktion, eine Verbesserung der kardiorespiratorischen Kapazität und die Induktion kardiovaskulär protektiver Effekte anzusehen. Interindividuell waren dagegen bei allen Belastungscharakteristika erhebliche Unterschiede zu diagnostizieren. Dies legt nahe, dass einerseits die Bereitschaft der Kinder und Jugendlichen zur Teilnahme und andererseits die Fähigkeit des Therapeuten, bewegungsschwache Teilnehmer zu identifizieren und motivierend auf sie einzuwirken, einen großen Einfluss auf das Therapieergebnis haben. Es ist anzunehmen, dass die Bereitschaft zur Beteiligung und die Intensität der therapieinduzierten Belastung unter anderem mit dem Aufforderungcharakter von Bewegungsangeboten und den individuellen Präferenzen der Zielgruppe zusammenhängen (Bar-Or 1995, AAP 2001). Vor dem Hintergrund der mit Ausnahme von Walking geringen Differenzen der durch die Bewegungsangebote akut induzierten physiologischen Reaktionen kann Bewegungstherapeuten deshalb empfohlen werden, ihre Inhalte primär unter Berücksichtigung der Neigungen der Zielgruppe auszuwählen und anzupassen. Die fragebogenbasierte Erhebung der Präferenzen in der vorliegenden Untersuchung ergab, dass Bewegungsangebote mit spielerischem Charakter den Neigungen der adipösen Kinder und Jugendlichen entsprachen, während Walking und Kräftigungszirkel unbeliebt waren. Derartige Neigungen sollten auch bei der Fortführung bewegungsbezogener Intervention im ambulanten Setting Berücksichtigung finden.

Stärker als bisher müsste eine nachhaltige Veränderung von Bewegungsverhalten und Einstellung zu körperlicher Aktivität als therapeutischer Endpunkt ins Auge gefasst werden. Die Auswahl der Bewegungsangebote sollte die unterschiedlichen Wünsche der jeweiligen Alters- und Entwicklungsstufen und des Geschlechts berücksichtigen, und Motivationsförderung in den Mittelpunkt rücken (Bar-Or 1995, AAP 2001, Fox 2004). So genannte Trend- oder Modesportarten sind durchaus zu befürworten, sofern sie aus sportmedizinischer Sicht unbedenklich erscheinen. Dabei ist dafür zu sorgen, dass Kindern und Jugendlichen, denen in der stationären Therapie Freude an Bewegung und Sport vermittelt werden konnte, im Anschluss daran adäquate und ortsnahe Bewegungsangebote zur Fortführung eines körperlich aktiven Lebensstils zur Verfügung stehen (Sallis 2000a, Wabitsch und Kunze 2004). Für eine verstärkte Implementierung von körperlicher Aktivität im täglichen Leben ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit und die Integration soziologischer

Perspektiven erforderlich (Fox 2004). Insgesamt sind die Präventionsbemühungen und die Forschungsaktivitäten in gleichem Maße zu steigern, wie die Prävalenz der Adipositas in unserer Gesellschaft zunimmt (Reincke 2006).

6.4.2 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Für eine möglichst hohe externe Validität wurde für die vorliegende Studie mit der medinet Spessartklinik Bad Orb ein typisches Interventionszentrum mit langjähriger Erfahrung in der Adipositastherapie von Kindern und Jugendlichen und einem umfangreichen und vielseitigen Therapieangebot gewählt, dessen Therapiekonzept nach den Leitlinien der AGA und der ACSM gestaltet ist. Im Rahmen der stationären Therapie ist wegen der deutlich höheren Zahl von Trainingseinheiten die Erfassung ganz unterschiedlicher Therapieformen innerhalb eines Zeitraums von nur zwei Wochen möglich. Dies ist insofern von zentraler Bedeutung im Hinblick auf die Fragestellung, als Veränderungen im Fitnesszustand, der Aktivitätsbereitschaft und anthropometrischer Eigenschaften die Präzision der Messung beeinträchtigen können, bzw. eine neue Kalibrierung erforderlich machen würden (Livingstone et al. 1992, Achten und Jeukendrup 2003). Jedoch ist nicht einzuschätzen, wie repräsentativ die Beteiligung an den untersuchten Therapiestunden für spätere Therapiestunden des gleichen Bewegungsangebots ist. Zudem bleibt offen, inwieweit die vorliegenden Studienergebnisse auch für andere Therapieeinrichtungen und andere Zielgruppen Gültigkeit haben. Daher ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf unterschiedliche stationär oder ambulant durchgeführte Therapieprogramme zu prüfen.

6.4.3 Stellenwert der Beanspruchungsdiagnostik

Anhand der erlangten Ergebnisse und vor dem Hintergrund des Erkenntnisdefizits im Hinblick auf Dosis-Wirkungs-Beziehungen, Aspekte der Qualitätssicherung sowie die Auswahl geeigneter Bewegungsangebote bei Kindern und Jugendlichen (vgl. Kapitel 2.4) ist der Stellenwert der Beanspruchungsdiagnostik als erheblich einzuschätzen (ACSM 2000, Steinbeck 2001, Boreham und Riddoch 2001, NHMRC 2003, Watts et al. 2005, Strong et al. 2005). Besondere Relevanz gewinnen entsprechende Erhebungsverfahren aufgrund von Forderungen nach einer zunehmenden Individualisierung der Therapie (Jaeschke 2005). Die Beantwortung der Frage, inwieweit effektive Trainingsreize gesetzt werden, trägt wesentlich zur Sicherung der therapeutischen Prozessqualität bei und könnte zukünftig zu einer verbesserten Steuerbarkeit von Trainingsprozessen beitragen (Huber 2004). Die Bestimmung der absoluten und relativen Belastungsintensität sowie die Erfassung des Belastungsprofils unterschiedlicher Sportarten und Bewegungsformen erlaubt die evidenzbasierte Auswahl geeigneter Therapieverfahren (Jaeschke 2005). Die Verwendung

einer validen Methode vorausgesetzt, schaffen Untersuchungen dieser Art zudem die Voraussetzungen zur Überprüfung der zielgruppenspezifischen Dosis-Wirkungs-Beziehung körperlicher Aktivität (Epstein und Goldfield 1999, Twisk 2001, Livingstone et al. 2003b). Dabei könnte auch die Frage Beantwortung finden, inwieweit zu unterschiedlichen Phasen der Therapie – beispielweise initiale Phase versus Follow-Up – unterschiedliche Dosen körperlicher Aktivität notwendig sind.

Die Evidenz zu den spezifischen Effekten körperlicher Aktivität bei Kindern und Jugendlichen weist aktuell Lücken auf, die erhebliche interdisziplinäre Forschungsbemühungen für Jahre erfordern (Summerbell et al. 2005, Dietz 2005). Neben der Gewinnung grundlegender Erkenntnisse ermöglicht die Beanspruchungsdiagnostik dabei einen Qualitätsvergleich der praktischen Umsetzung von Therapiekonzepten. Die Arbeit von Kliniken und Therapeuten kann sich an objektiven Outcome-Kriterien messen und der Erfolg von Bewegungsangeboten, Vermittlungsmethoden oder didaktischen Konzepten objektiv überprüfen oder vergleichen lassen. Insbesondere müssen langfristige Änderungen des Bewegungsverhaltens nach einer Therapie der Evaluation zugeführt werden (Glenny et al. 1997, Ebbeling et al. 2002, Böhler et al. 2004, Summerbell et al. 2005, Reinehr 2005, Wabitsch 2006). Wünschenswert ist deshalb die Weiterentwicklung und Etablierung des Einsatzes von objektiven und ökonomischen Methoden zur Erfassung von Belastungscharakteristika in der Therapie. Zudem sind weitere Studien zu initiieren, die zielgruppenspezifisch Energieumsatz und Belastungsprofile strukturierter Therapieangebote und verschiedener Lifestyle-Aktivitäten ermitteln. Verbunden mit der Erfassung individueller Erfahrungen und Neigungen helfen Untersuchungen dieser Art bei der Erstellung evidenzbasierter, dem jeweiligen Gesundheits- und Leistungszustand angepasster Therapie- bzw. Trainingspläne.

Art, Umfang und Ablauf diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen müssen den anerkannten Regeln und der allgemeinen Berufspraxis der Medizin und den am Rehabilitationsprozess beteiligten Disziplinen entsprechen. Die Qualität und die Quantität körperlicher Aktivität sollten zukünftig noch stärker auf das primäre präventive oder rehabilitative Therapieziel ausgerichtet werden, denn nur ein qualitativ hochwertiger Behandlungsprozess kann ein gutes Behandlungsergebnis bewirken (Huber 2004). Das Gesundheitswesen benötigt daher Qualitätsmanagementsysteme, welche zwischen effektiven und ineffektiven Rehabilitationsmaßnahmen unterscheiden können. Ein erster Schritt auf dem Weg dorthin ist die in der vorliegenden Untersuchung angestrebte Bestimmung der durch eine Bewegungsintervention induzierte kardiovaskuläre Beanspruchung (Huber 2004). Art, Umfang und Intensität körperlicher Aktivität beeinflussen direkt therapeutische Outcomes wie kardiovaskuläre Leistungsfähigkeit, Körpergewicht und Risikofaktoren. Die Erfassung der Prozessqualität im Gesundheitswesen verlangt daher

zukünftig die routinemäßige Evaluation von Behandlungsabläufen. Eine objektive Erfassung von körperlicher Aktivität während und nach der Therapie dient aber nicht nur der Bewertung der Prozess-, sondern auch der Ergebnisqualität, denn schon eine Änderung des Bewegungsverhaltens an sich stellt ein zentrales Therapieziel dar.

Wie die vorliegende Untersuchung zeigt, kann bei den untersuchten Formen strukturierter Bewegungsintervention eine gute Prozess- und Ergebnisqualität im Hinblick auf das Merkmal Bewegungsverhalten für die meisten, jedoch nicht für alle Teilnehmer attestiert werden. Die HF-Flex Methode zur Erhebung von Energieumsatz und kardiorespiratorischer Beanspruchung macht dabei die rehabilitative Leistung der Bewegungsintervention transparent und kann zur Legitimation von Leistungen gemäß des Wirtschaftlichkeitsgebots in §2 SGB V beitragen (Spyra et al. 2002). Zudem trägt sie wesentlich zur Optimierung rehabilitativer Konzepte bei.

6.4.4 Überlegungen zur Erhebungsmethodik

Eine valide Erfassung des Bewegungsverhaltens ist bei Kindern und Jugendlichen aus verschiedenen Gründen schwieriger zu leisten als bei Erwachsenen (Goran 1998, Kohl et al. 2000, Sirard und Pate 2001, Ainslie et al. 2003). Ein Großteil der bekannten objektiven Verfahren zur Erfassung von Belastungskenngrößen konnte im Kontext der vorliegenden Fragestellung und der speziellen Zielgruppe keine Anwendung finden. Messungen mit Hilfe von doppelt stabil markiertem Wasser (DLW), obgleich sehr präzise, erfassen nur Mittelwerte des Energieumsatzes über einen Zeitraum von mindestens zwei Wochen. Methoden der direkten Kalorimetrie sind mit erheblichen Kosten verbunden und erlauben keine Observation im Feld (Goran 1998, Welk et al. 2000, Kohl et al. 2000, Livingstone et al. 2003b). Die indirekte Kalorimetrie zeigt eine erhebliche Rückwirkung auf die Probanden und ist nicht für den Einsatz im Wasser ausgelegt (Kohl et al. 2000, Welk et al. 2000, Sirard und Pate 2001, Vanhees et al. 2005). Akzelerometrie, eine nahe liegende Alternative zur Erfassung des Energieumsatzes beim Walken und bei den Spielen, bietet beim solitären Monitoring von Phasen körperlicher Aktivität gegenüber herzfrequenzbasierten Methoden keine höhere Validität (Luke et al. 1997, Puyau et al. 2002, Eisenmann et al. 2004, Matthews 2005, Freedson et al. 2005, Ramirez-Marrero et al. 2005, Guinhouya et al. 2006, Penpraze et al. 2006) und ist nicht in der Lage, Bewegungsangebote wie Fahrradergometrie, Kräftigungszirkel, Schwimmen und Wasserspiele zu evaluieren (Welk et al. 2000, Sirard und Pate 2001, Freedson et al. 2005). Diese vier Bewegungsangebote, bei denen das Körpergewicht nicht vollständig getragen werden muss, weisen jedoch für die Adipositastherapie eine besondere Relevanz auf. Vor diesem Hintergrund scheint die HF-Flex Methode am ehesten zur Erfassung bewegungsspezifischer Muster körperlicher Aktivität bei Gruppen übergewichtiger

Kinder geeignet. Sie vermag Phasen zu identifizieren, in denen eine Intervention noch Potenzial zur Optimierung aufweist, erlaubt die vergleichende Einschätzung von Kenngrößen der Belastung einer großen Zahl unterschiedlicher Bewegungsangebote und bietet Anhaltspunkte zur Gestaltung von spezifischen Therapieprogrammen und von Empfehlungen zur Steigerung körperlicher Aktivität.

Die Ermittlung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen körperlicher Aktivität und therapeutischen Endpunkten erfordert allerdings die präzise Erfassung individueller kardiovaskulärer Beanspruchungen (vgl. Kapitel 2.4). Die bei Validierungen der HF-Flex Methode bei adipösen Kindern und Jugendlichen (vgl. Anhang II) vorgefundenen hohen individuellen Abweichungen zur Referenzmethode weisen in Übereinstimmung mit den an anderen Populationen beobachteten Messwertdifferenzen (Dauncey und James 1979, Spurr et al. 1988, Ceesay et al. 1989, Livingstone et al. 1990, Livingstone et al. 1992, Bitar et al. 1996, Davidson et al. 1997, Morio et al. 1997, Treuth et al. 1998) darauf hin, dass die HF-Flex Methode zur Untersuchung solcher Fragen nicht oder nur bedingt geeignet ist. Dies legt die Entwicklung neuartiger Methoden nahe. Eine sinnvolle Strategie zur Verbesserung der Validität von Energieumsatzmessungen scheint in der kombinierten Anwendung von Erhebungsverfahren zu liegen. Brage et al. (2004) gelangen durch die synchrone Anwendung von Akzelerometrie und HF-Monitoring unter Nutzung verzweigter Gleichungsmodelle anstelle einfacher Zuordnungsvorschriften (*branched equation modelling*) eine wesentliche Reduktion des individuellen Messfehlers auf $-1,5 \pm 13\%$.

Als Alternative zum Einsatz kombinierter Erhebungsverfahren (Brage et al. 2004) bietet sich die Verbesserung der HF-Flex Methode an. So sollte die Abhängigkeit der HF-VO₂ Relation von Sportart oder Belastungsform Gegenstand systematischer Untersuchungen werden. Die Kenntnis der von der Bewegungsform abhängigen Abweichung von Steigung und Schnittpunkt von HF-VO₂ Relationen würde es ermöglichen, laufband- oder fahrradergometerbasierte Regressionen für den Einsatz im Feld mit spezifischen Korrekturfaktoren für unterschiedliche Bewegungsangebote zu versehen und diese Modelle einer Validitätsprüfung zuzuführen. Eine weitere Option bestünde in der Integration zusätzlicher Aktivitäten und Belastungsformen in den HF-Flex Vortest (vgl. Kapitel 4.4) zur Ermittlung der individuellen HF-VO₂ Beziehung. Auch könnten möglicherweise intervallartige Belastungen im Eingangstest oder die Einbeziehung der Erholungsphase in die Zuordnungsvorschrift der kardiovaskulären Dynamik während der Erhebung die Übertragbarkeit und Aussagekraft des Prädiktionsmodells speziell vor dem Hintergrund der komplexen Abfolgen spontaner Alltagshandlungen von Kindern erhöhen. Lange Kalibrierungsprozeduren stellen aber gerade für Kinder und Jugendliche eine unnötige zeitliche und psychophysische Belastung dar, ohne die Vorhersage wesentlich zu verbessern (Livingstone et al. 2000). Eine zu große Bandbreite unterschiedlicher

Kalibrierungsaktivitäten beeinträchtigt zudem das Bestimmtheitsmaß der gewonnenen HF-VO₂ Regressionsgleichung.

Abschließend bleibt zu überprüfen, inwiefern kalibrierungsfordernde Zuordnungsvorschriften wie die HF-Flex Methode einer Erfassung der Belastungsintensität in Prozent der Herzfrequenzreserve oder der Ermittlung der rein herzfrequenzbasierten Tagesaktivität (Quotient aus 24-h Herzfrequenz und Ruheherzfrequenz) auch bei kleineren Stichproben überlegen sind (Schutz et al. 2001). Zwar erlaubt ein reines HF-Monitoring keine Einschätzung des Energieumsatzes, jedoch ist dessen Einsatz in der Therapiesituation mit weniger Aufwand verbunden als die HF-Flex Methode. Die HF Reserve bietet sich zudem als Parameter für die Trainingssteuerung an.

6.4.5 Zukünftige Forschungsaktivitäten

Zur Einschätzung der Übertragbarkeit der vorliegenden Ergebnisse scheint die vergleichende Analyse der untersuchten Formen der Bewegungsintervention in vergleichbaren und abweichenden therapeutischen Settings geboten. Zu begrüßen wäre dabei die zusätzliche Einbeziehung weiterer Bewegungsangebote mit hohem Aufforderungscharakter. In einem nächsten Schritt wäre eine Analyse des Einflusses individueller kardiovaskulärer Belastungskenngrößen auf therapeutische Outcomes geboten. Langfristig ist die gezielte Überprüfung der Wirksamkeit unterschiedlicher Interventionsformen mit randomisierter Zuweisung anzustreben (Summerbell et al. 2005). Primäre Zielgrößen sind dabei nicht nur eine kurzfristige Steigerung des Aktivitätsniveaus, der kardiorespiratorischen Fitness oder die Verbesserung eines kardialen Risikofaktors sein. Anzustreben sind vielmehr auch eine möglichst breite Einbeziehung und Beteiligung aller Therapieteilnehmer, Spaß und Wohlbefinden, ein gesundes Körper- und Selbstkonzept, eine adäquate Einstellung zu Sport und Bewegung sowie insbesondere die Sicherung der Nachhaltigkeit therapieinduzierter Veränderungen (AGA 2004, Wabitsch und Kunze 2004). Notwendig wäre in diesem Zusammenhang die Überprüfung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Motivationssteigerung im Rahmen von Programmen, welche die Präferenzen der Kinder sowohl bei der Wochenplanung als auch innerhalb einzelner Bewegungsangebote noch stärker berücksichtigen (Poulsen und Ziviani 2004). Zur Einschätzung immediater affektiver und psychosozialer Effekte erscheint die Erfassung des individuellen subjektiven Belastungsempfindens, der Präferenzen, der Motivation sowie der Motivstruktur und der Einstellung zum Sport unmittelbar im Anschluss an unterschiedliche Bewegungsangebote lohnenswert (Poulsen und Ziviani 2004). Dabei könnte man Erhebungsinstrumente einsetzen, die parallel auch für die interne Qualitätssicherung der klinischen Bewegungstherapie nutzbar sind. Informationen dieser Art könnten zur Verbesserung der

Qualität rehabilitativer Maßnahmen beitragen und die Implementierung neuer bzw. die Modifikation bekannter gesundheitsförderlicher Trainingsmodalitäten begleiten sowie evaluieren (Huber 2004). Auch die Optimierung des wohnortnahen Sport- und Bewegungsangebots mit dem Ziel der langfristigen Bindung der Zielgruppe an körperliche Aktivität würde von der Erfassung akuter und chronischer Effekte körperlicher Aktivität auf physiologischer und affektiv-psychosozialer Ebene profitieren (Bar-Or 1995, AAP 2001, Dietz 2005). Aufgegriffen werden sollten dabei auch die wichtigen Fragen, wie das Umfeld in geeigneter Weise einbezogen und bewegungsbezogene Maßnahmen optimal in komplexe Programme integriert werden können (Sallis et al. 2000a).

Das Aktivitätsverhalten von Kindern wird bei alleiniger Betrachtung von Maßen der zentralen Tendenz eine Population nur ungenügend charakterisiert (Sleap und Tolfrey 2001). Dies gilt sowohl für eine Evaluation der therapeutischen Prozessqualität als auch im Hinblick auf den immer wieder erwähnten, jedoch bisher nicht schlüssig belegten Rückgang körperlicher Aktivität bei Kindern und Jugendlichen (Livingstone et al. 2003b). Hier erscheint eine differenzierte longitudinale Betrachtung spezieller Gruppen innerhalb einer Population notwendig, die sich beispielsweise über das Bewegungsverhalten, den BMI, Risikofaktoren der Adipositas oder Komorbiditäten definieren lassen (Sleap und Tolfrey 2001, Livingstone et al. 2003b).

Die Bemühungen, Forschung im Bereich der pädiatrischen Adipositas international zu koordinieren, stehen noch am Anfang. Steinbeck et al. machen in einem aktuellen Beitrag (2006) Vorschläge zur Einführung eines internationalen Registers randomisierter kontrollierter Studien zum Gewichtsmanagement übergewichtiger und adipöser Kindern. Mittelfristiges Ziel ist die Durchführung prospektiver Meta-Analysen zur Überprüfung konventioneller Strategien der Gewichtsreduktion. Wichtige Teilschritte auf dem Weg dahin sind die Schaffung organisatorischer Strukturen und die Benennung eines Komitees zur Identifikation und Definition von Ein- und Ausschlusskriterien und gezielter Koordination der Durchführung solcher Studien, die sorgfältig selektierte Fragestellungen beantworten (Steinbeck et al. 2006).

7 Zusammenfassung

Übergewichts- und bewegungsmangelassoziierte Krankheitsbilder haben sich in den vergangenen Jahren epidemieartig in den Industrieländern ausgebreitet (Ogden et al. 2002, Jolliffe 2004, Hedley et al. 2004). Aufgrund erheblicher Kosten für deren Behandlung wachsen die finanzielle Belastungen für das Gesundheitssystem (Lobstein 2004, Wabitsch 2006). Auch bei Kindern und Jugendlichen zeigt sich die Adipositas bei deutlich steigender Prävalenz als weitgehend therapieresistent (Wabitsch 2006). Bisher haben alle Präventions- und Therapiemaßnahmen zu keinem überzeugenden Rückgang der juvenilen Adipositas-epidemie geführt (Summerbell et al. 2003, Summerbell et al. 2005, Reinehr 2006).

Sport und Bewegung stellen einen integralen Bestandteil der Adipositas-Komplextherapie von Kindern und Jugendlichen dar. Die Auswahl bewegungstherapeutischer Belastungsformen und die Steuerung von Umfang und Intensität erfolgen jedoch bislang nicht evidenzbasiert (Epstein und Goldfield 1999, Twisk 2001, Livingstone et al. 2003b, Wabitsch und Kunze 2004). Es fehlen kardiorespiratorische Belastungskenngrößen einzelner Bewegungsangebote, die deren zielgruppenspezifisch begründete Auswahl zur gezielten Ansteuerung von Adaptationen erlauben würden. Im Hinblick auf Dosis-Wirkungs-Beziehungen körperlicher Aktivität sind zudem eine Vielzahl von Studien aufgrund methodischer und konzeptioneller Limitationen nicht hinreichend aussagekräftig (Epstein und Goldfield 1999, Sallis et al. 2000a, Livingstone et al. 2003b, Summerbell et al. 2005). Weiterhin ist nicht bekannt, inwieweit Therapieprogramme gängigen Empfehlungen von täglich mindestens 30 Minuten moderater bis intensiver körperlicher Aktivität (MVPA) für Kinder und Jugendliche gerecht werden (NIH 1996, Pate et al. 1998, ACSM 2000, Williams et al. 2002, IOM 2002, NHMRC 2003). Vor diesem Hintergrund besitzen Erkenntnisbeiträge zur Qualitätssicherung und zur Gestaltung von Bewegungsprogrammen im Rahmen der Adipositas-Komplextherapie eine exponierte Relevanz. Da potenzielle therapeutische Wirkungen körperlicher Aktivität unter anderem eine Beeinflussung der Energiebilanz, eine Verbesserung der aeroben Kapazität sowie gesundheitsprotektive Effekte umfassen, erscheinen hier insbesondere objektive Erhebungen zu Energiemehrumsatz, relativer Belastung und Dauer von Phasen moderater bis intensiver körperlicher Aktivität (MVPA) notwendig (Steinbeck 2001, Twisk 2001, NHMRC 2003, Watts et al. 2005, Strong et al. 2005).

Primärziele der vorliegenden Querschnittsstudie waren angesichts des identifizierten Forschungsdefizits die objektive Erhebung von ausgewählten kardiorespiratorischen Belastungskenngrößen spezifischer Bewegungsangebote in der stationären Therapie adipöser Kinder, der Vergleich dieser Kenngrößen mit aktuellen Empfehlungen sowie die Identifikation von Bewegungsangeboten mit einem günstigen Beanspruchungsprofil. Aus den im theoretischen Teil der vorliegenden Arbeit skizzierten Überlegungen wurde die Hypothese

abgeleitet, dass bei adipösen Kindern und Jugendlichen im Rahmen der stationären Komplextherapie die wöchentliche Akkumulation von mindestens 150 Minuten moderater bis intensiver körperlicher Aktivität zu erwarten ist. Weiterhin wurde angenommen, dass sich spezifische Bewegungsangebote im Hinblick auf die drei als relevant erachteten Kenngrößen Energieumsatz, relative Intensität und MVPA-Anteil überzufällig voneinander unterscheiden. Als Nebenzielparameter sollten deskriptiv die Beanspruchungsverteilung der Bewegungsangebote vergleichend analysiert sowie die Präferenzen der Teilnehmer erfasst werden.

Für die Untersuchungen wurde ein renommiertes Interventionszentrum mit einem umfangreichen und vielseitigen Therapieangebot gemäß AGA- und KgAS-Leitlinien (Wabitsch und Kunze 2004, AGA 2004) ausgewählt. Kriterien für die Auswahl des Probandenkollektivs umfassten ein Alter zwischen 10 und 16 Jahren, das Überschreiten der 97. alters- und geschlechtsspezifischen BMI-Perzentilwerte (Wabitsch und Kunze 2004), das Fehlen von Komorbiditäten sowie die mindestens 4wöchige Teilnahme am stationären Therapieprogramm im gewählten Interventionszentrum. Das gewählte HF-Flex Erhebungsverfahren sah vor, die während verschiedener Bewegungsangebote der rehabilitativen Bewegungstherapie aufgezeichnete Herzfrequenz (HF) unter Verwendung individueller HF-VO₂ Regressionsgleichungen zur Berechnung des Energieumsatzes heranzuziehen (Livingstone et al. 1992).

Ein HF-Flex Eingangstest ermittelte dazu bei n=20 adipösen Kindern und Jugendlichen (BMI 31,8±4,1 kg/m², *peak* VO₂ 30,1±4,9 ml*kg⁻¹*min⁻¹) unter standardisierten Ruhe- und Belastungsbedingungen (modifiziertes Bruce-Protokoll, Bruce 1973) den individuellen Zusammenhang zwischen VO₂ (Kriteriumsvariable) und HF (Prädiktorvariable) (Achten und Jeukendrup 2003, Strath et al. 2000). Im Anschluss wurde die Herzfrequenz bei 7 spezifischen bewegungstherapeutischen Angeboten im Rahmen einer 4wöchigen Komplextherapie erfasst und Energieumsatz, relative Intensität (%VO_{2R}) sowie MVPA-Anteil regressionsbasiert errechnet. Diese drei Hauptzielparameter wurden nicht-parametrisch mittels Rangvarianzanalyse (Friedman-Test, Friedman 1937) unter Anwendung von post-hoc Tests nach Wilcoxon-Wilcox (Wilcoxon und Wilcox 1964) auf Unterschiede zwischen den verschiedenen Bewegungsangeboten geprüft.

Im Ergebnis betrug der durch 7,5h Bewegungstherapie induzierte Netto-Energiemehrumsatz 7,98±1,47 MJ pro Woche (Median ± absolute Mediandeviation, MAD) bei einer mittleren relativen Intensität körperlicher Aktivität von 36±5 %VO_{2R}. Wöchentlich wurden 3,5±0,6 Stunden, entsprechend 47±8% der gesamten Trainingszeit, mit einer Intensität von mehr als 40%VO_{2R} (MVPA; Pate et al. 1998) absolviert. Demnach ist die als Hypothese formulierte Annahme einer wöchentlichen Akkumulation von mehr als 150 Minuten moderater bis intensiver körperlicher Aktivität zu bestätigen.

Für Energieumsatz, relative Belastungsintensität und MVPA-Anteil bestätigt der Friedman-Test jeweils die Hypothese signifikanter Unterschiede zwischen den untersuchten Bewegungsangeboten ($p < 0,001$). Jedoch differiert nur Walking von den anderen Bewegungsangeboten überzufällig, während zwischen den weiteren Therapieangeboten Schwimmen, Wasserspiele, Fahrradergometer, Kräftigungszirkel, kleine Spiele und große Spiele keine signifikanten Unterschiede zutage treten.

Schlussfolgernd ergibt sich, dass drei Viertel der Kinder mit ihrer Teilnahme an der stationären Komplextherapie die gängigen Empfehlungen für körperliche Aktivität hinsichtlich Umfang und Intensität erreichen oder übertreffen. Damit weist das untersuchte Bewegungsprogramm ein angemessenes, den aktuellen Empfehlungen entsprechendes Belastungsprofil auf und kann als richtungsweisend gelten. Allerdings deutet sich bei differenzierter Betrachtung der Ergebnisse an, dass nicht alle Teilnehmer gleichermaßen von der Teilnahme an einem Bewegungsprogramm profitieren. Zukünftig erscheint daher eine noch wirkungsvollere Aktivierung von Heranwachsenden mit weniger stark ausgeprägtem Bewegungsdrang notwendig. Dieses Resultat belegt aus Sicht von Patienten, Therapeuten und Kostenträgern nachdrücklich die Bedeutung einer objektiven Erfassung von Bewegungsverhalten im Rahmen der therapeutischen Intervention als Teil der Qualitätssicherung.

Da sich Intensität und Energieumsatz bei verschiedenen Formen der Bewegungstherapie mit Ausnahme des Walkings nur unwesentlich unterscheiden, können bei der Wahl geeigneter Therapieformen vorrangig die individuellen Neigungen der Kinder und Jugendlichen Beachtung finden. Die fragebogenbasierte Erhebung der Präferenzen in der vorliegenden Untersuchung ergab, dass Spielformen mit hohem Aufforderungscharakter auf den vorderen und Schwimmen und Fahrradergometrie auf den mittleren Rängen liegen, während Kräftigungszirkel und Walking weniger beliebt sind.

Die ermittelten Kenngrößen kardiorespiratorischer Belastung werden vor dem Hintergrund aktueller Empfehlungen sowie der Ergebnisse anderer Autoren und verwandter Studien diskutiert. Im Hinblick auf die Gestaltung von stationären Therapieprogrammen werden Schlussfolgerungen gezogen, sowie Empfehlungen für ambulante Therapieprogramme und die eigenständige Fortführung von sportlichen Aktivitäten am Wohnort ausgesprochen. Auf die Bedeutsamkeit der Beanspruchungsdiagnostik zur Sicherung der therapeutischen Prozessqualität und zur Ermittlung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen wird hingewiesen. Abschließend werden Möglichkeiten zur Optimierung der Erhebungsmethodik sowie lohnende Felder für zukünftige Forschungsaktivitäten aufgezeigt.

8 Literaturverzeichnis

- AAP – American Academy of Pediatrics. Committee on Sports Medicine and Fitness and Committee on School Health. Organized Sports for Children and Preadolescents. *Pediatrics* 2001; 107(6): 1459-1462.
- Aaron DJ, Storti KL, Robertson RJ, Kriska AM, LaPorte RE. Longitudinal study of the number and choice of leisure time physical activities from mid to late adolescence: implications for school curricula and community recreation programs. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2002; 156(11): 1075-80.
- Abbott RA, Davies PS.: Habitual physical activity and physical activity intensity: their relation to body composition in 5.0-10.5-y-old children. *Eur J Clin Nutr.* 2004; 58(2): 285-91.
- Achten J, Jeukendrup AE. Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition.* 2004; 20(7-8): 716-27.
- Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med.* 2003; 33: 517-38.
- ACSM (American College of Sports Medicine)/ Franklin BA, Whaley MH, Howley ET (ed.): ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Baltimore (MD): Lippincott Williams & Wilkins, 2000
- AGA – Arbeitsgemeinschaft Adipositas. Schulungskonzept der Konsensusgruppe Adipositasschulung für Kinder und Jugendliche. Trainermanual – leichter, aktiver, gesünder. Meckenheim: aid Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V., 2004
- Ainslie PN, Reilly T, Westerterp KR: Estimating human energy expenditure. *Sports Med* 2003; 33: 683-698.
- Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR Jr, Montoye HJ, Sallis JF, Paffenbarger RS Jr.: Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc.* 1993; 25(1): 71-80.
- Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR Jr, Schmitz KH, Emplaincourt PO, Jacobs DR Jr, Leon AS.: Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(9S): S498-504.
- Alexy U, Sichert-Hellert W, Kersting M.: Fifteen-year time trends in energy and macronutrient intake in German children and adolescents: results of the DONALD study. *Br J Nutr.* 2002; 87(6): 595-604.
- Alpert BS. Exercise in hypertensive children and adolescents: any harm done? *Pediatr Cardiol.* 1999; 20(1): 66-9.
- Andersen RE, Wadden TA, Bartlett SJ, Zemel B, Verde TJ, Franckowiak SC. Effects of lifestyle activity vs structured aerobic exercise in obese women: a randomized trial. *JAMA.* 1999; 281(4): 335-40.
- Andrew GM, Guzman CA, Becklake MR. Effect of athletic training on exercise cardiac output. *J Appl Physiol.* 1966; 21(2): 603-8.
- Armstrong N, Balding J, Gentle P, Kirby B. Patterns of physical activity among 11 to 16 year old British children. *BMJ.* 1990; 301(6745): 203-5.
- Armstrong N, Simons-Morton B. Physical activity and blood lipids in adolescents. *Pediatr Exerc Sci.* 1994; 6: 381-405
- Armstrong N, van Mechelen W. Are young people fit and active? In: Biddle S, Sallis J, Cavill N, eds. *Young and active? Young people and health enhancing physical activity: evidence and implications.* London: Health Education Authority, 1998, 69-97
- Astrand PO, Rodahl K, Dahl HA, Stromme SB: Textbook of work physiology. Physiological bases of exercise. 4th ed. Champaign: Human Kinetics, 2003

- Astrup A. Dietary composition, substrate balances and body fat in subjects with a predisposition to obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1993; 17(S3): S32-6
- Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc*. 1995; 27(7): 1033-41.
- Baquet G, van Praagh E, Berthoin S. Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med*. 2003; 33(15): 1127-43.
- Bar-Or O. Pediatric sports medicine for the practitioner. Berlin: Springer, 1983
- Bar-Or O. Obesity. In: Goldberg B. (Ed.). Sports and exercise for children with chronic health conditions. Champaign: Human Kinetics, 1995, 335-354
- Bar-Or O. Pediatric exercise medicine. Champaign: Human Kinetics, 2004
- Bar-Or O, Baranowski T. Physical activity, adiposity, and obesity among adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 1994; 6: 348-60.
- Becker DM, Vaccaro P. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in young children. *J Sports Med Phys Fitness*. 1983; 23(4): 445-9.
- Becque MD, Katch VL, Rocchini AP, Marks CR, Moorehead C. Coronary risk incidence of obese adolescents: reduction by exercise plus diet intervention. *Pediatrics*. 1988; 81(5): 605-12.
- Bedale, EM. Energy expenditure and food requirements of children at school. *Proceedings of the Royal Society (London)*, 1923; 94: 368-404.
- Bergh U, Sjodin B, Forsberg A, Svedenhag J. The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. *Med Sci Sports Exerc*. 1991; 23(2): 205-11.
- Bergholm R, Makimattila S, Valkonen M, Liu ML, Lahdenpera S, Taskinen MR, Sovijarvi A, Malmberg P, Yki-Jarvinen H. Intense physical training decreases circulating antioxidants and endothelium-dependent vasodilatation in vivo. *Atherosclerosis*. 1999; 145(2): 341-9.
- Bermingham MA, Jones E, Steinbeck K, Brock K. Plasma cholesterol and other cardiac risk factors in adolescent girls. *Arch Dis Child*. 1995; 73(5): 392-7.
- Beunen G, Baxter-Jones AD, Mirwald RL, Thomis M, Lefevre J, Malina RM, Bailey DA. Intraindividual allometric development of aerobic power in 8- to 16-year-old boys. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34(3): 503-10.
- Birch LL, Fisher JO. Development of eating behaviors among children and adolescents. *Pediatrics*. 1998; 101(3 Pt 2): 539-49.
- Bitar A, Vermorel M, Fellmann N, Bedu M, Chamoux A, Coudert J. Heart rate recording method validated by whole body indirect calorimetry in 10-yr-old children. *J Appl Physiol*. 1996; 81(3): 1169-73.
- Bjarnason-Wehrens B, Dordel S (Hrsg.): Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter. Brennpunkte der Sportwissenschaft Bd. 29. Sankt Augustin: Academia-Verlag, 2005
- Blaak EE, Hul G, Verdich C, Stich V, Martinez A, Petersen M, Feskens EF, Patel K, Oppert JM, Barbe P, Toubro S, Anderson I, Polak J, Astrup A, Macdonald IA, Langin D, Holst C, Sorensen TI, Saris WH. Fat oxidation before and after a high fat load in the obese insulin-resistant state. *J Clin Endocrinol Metab*. 2006; 91(4): 1462-9
- Blaak EE, Westerterp KR, Bar-Or O, Wouters LJ, Saris WH. Total energy expenditure and spontaneous activity in relation to training in obese boys. *Am J Clin Nutr*. 1992; 55(4): 777-82.
- Blair SN, Cheng Y, Holder JS.: Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33(6S): S379-99
- Blair SN, Clark DG, Cureton KJ, Powell KE. Exercise and fitness in childhood: implications for a lifetime of health. In: Gisolfi CV, Lamb DR (Eds.) *Perspectives in exercise science and sports medicine*. New York: McGraw-Hill, 1989, 605-13

- Blair SN, Connelly JC. How much physical activity should we do? The case for moderate amounts and intensities of physical activity. *Res Q Exerc Sport*. 1996; 67(2): 193-205.
- Blair SN, LaMonte MJ, Nichaman MZ. The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *Am J Clin Nutr*. 2004; 79(5): 913S-920S.
- Blair SN, Kampert JB, Kohl HW 3rd, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger RS Jr, Gibbons LW. Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA*. 1996; 276(3): 205-10.
- Blundell JE, Stubbs RJ, Hughes DA, Whybrow S, King NA. Cross talk between physical activity and appetite control: does physical activity stimulate appetite? *Proc Nutr Soc*. 2003; 62(3):651-61.
- Böhler T, Alex C, Becker E, Becker R, Hoffmann S, Hutzler D, Jung C, Lauferweiler-Lochmann F, Radu C: Qualitätskriterien für ambulante Schulungsprogramme für übergewichtige und adipöse Kinder und Jugendliche. *Gesundheitswesen* 2004; 66: 748-753.
- Bös K, Banzer W. Ausdauer und Widerstandsfähigkeit. In: Bös K, Brehm W (Hrsg.). *Gesundheitssport – Ein Handbuch*. Schorndorf: Hofmann, 1998, 147-159
- Bonora E. Relationship between regional fat distribution and insulin resistance. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000; 24 (S2): S32-5.
- Boreham C, Riddoch C. The physical activity, fitness and health of children. *J Sports Sci*. 2001; 19(12): 915-29.
- Boreham C, Twisk J, Neville C, Savage M, Murray L, Gallagher A. Associations between physical fitness and activity patterns during adolescence and cardiovascular risk factors in young adulthood: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Int J Sports Med*. 2002; 23 (S1): S22-6.
- Borsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Med*. 2003; 33(14):1037-60.
- Bortz J, Lienert GA: *Kurzgefaßte Statistik für die klinische Forschung*. Berlin: Springer, 1998
- Bouchard C, An P, Rice T, Skinner JS, Wilmore JH, Gagnon J, Perusse L, Leon AS, Rao DC. Familial aggregation of VO(2max) response to exercise training: results from the HERITAGE Family Study. *J Appl Physiol*. 1999; 87(3): 1003-8.
- Bouchard C, Tremblay A, Despres JP, Theriault G, Nadeau A, Lupien PJ, Moorjani S, Prudhomme D, Fournier G. The response to exercise with constant energy intake in identical twins. *Obes Res*. 1994; 2(5): 400-10.
- Braet C, Tanghe A, Bode PD, Franckx H, Winckel MV. Inpatient treatment of obese children: a multicomponent programme without stringent calorie restriction. *Eur J Pediatr*. 2003; 162(6): 391-6.
- Brage S, Brage N, Franks PW, Ekelund U, Wong MY, Andersen LB, Froberg K, Wareham NJ: Branched equation modeling of simultaneous accelerometry and heart rate monitoring improves estimate of directly measured physical activity energy expenditure. *J Appl Physiol*. 2004; 96: 343-351.
- Brandou F, Savy-Pacaux AM, Marie J, Bauloz M, Maret-Fleuret I, Borrocoso S, Mercier J, Brun JF. Impact of high- and low-intensity targeted exercise training on the type of substrate utilization in obese boys submitted to a hypocaloric diet. *Diabetes Metab*. 2005; 31(4 Pt 1): 327-35.
- Bray G. Press Statement: Finger points to corn syrup in obesity epidemic. International Congress on Obesity, Sao Paulo, Brazil, 26–30 August 2002 <http://www.ietf.org/media/syrup.htm>. Letzter Zugriff 31.05.2006
- Brehm W. Stimmung und Stimmungsmanagement, in: Bös K, Brehm W (Hrsg.). *Gesundheitssport – ein Handbuch*. Schorndorf: Hofmann, 1998, 201-211
- Britz B, Siegfried W, Ziegler A, Lamertz C, Herpertz-Dahlmann BM, Remschmidt H, Wittchen HU, Hebebrand J. Rates of psychiatric disorders in a clinical study group of adolescents with extreme obesity and in obese adolescents ascertained via a population based study. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000; 24(12): 1707-14.
- Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D: Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal* 1973; 85: 546-562.

- Buermann B, Tremblay A. Effects of exercise training on abdominal obesity and related metabolic complications. *Sports Med.* 1996; 21(3): 191-212.
- Bürklee M. Ausdauersport bei inaktiven Älteren. Hamburg: Verlag Dr. Kovac, 2006
- Capelli C, Cautero M, di Prampero PE. New perspectives in breath-by-breath determination of alveolar gas exchange in humans. *Pflügers Arch.* 2001; 441(4): 566-77.
- Caputo F, Denadai BS. Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise. *Eur J Appl Physiol* 2004; 93 : 87-95.
- Carrel AL, Clark RR, Peterson SE, Nemeth BA, Sullivan J, Allen DB. Improvement of fitness, body composition, and insulin sensitivity in overweight children in a school-based exercise program: a randomized, controlled study. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2005; 159(10): 963-8.
- Carroll S, Dudfield M. What is the relationship between exercise and metabolic abnormalities? A review of the metabolic syndrome. *Sports Med.* 2004; 34(6): 371-418.
- Caspersen CJ. Physical activity epidemiology: concepts, methods, and applications to exercise science. *Exerc Sport Sci Rev.* 1989; 17: 423-73.
- Cautero M, Beltrami AP, di Prampero PE, Capelli C. Breath-by-breath alveolar oxygen transfer at the onset of step exercise in humans: methodological implications. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 88(3): 203-13.
- Chamari K, Moussa-Chamari I, Boussaidi L, Hachana Y, Kaouech F, Wisloff U. Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players. *Br J Sports Med.* 2005; 39(2): 97-101.
- Chambliss HO. Exercise duration and intensity in a weight-loss program. *Clin J Sport Med.* 2005; 15(2): 113-5.
- Chinn S. Definitions of childhood obesity: current practice. *Eur J Clin Nutr.* 2006 Apr 26; [Epub ahead of print]
- Chu KS, Rhodes EC. Physiological and cardiovascular changes associated with deep water running in the young. Possible implications for the elderly. *Sports Med.* 2001; 31(1): 33-46.
- Church TS, Cheng YJ, Earnest CP, Barlow CE, Gibbons LW, Priest EL, Blair SN. Exercise capacity and body composition as predictors of mortality among men with diabetes. *Diabetes Care.* 2004; 27(1): 83-8.
- Cohen J. Statistical power analysis for the behavioural sciences. Second ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Publishers, 1988
- Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ.* 2000; 320(7244): 1240-3
- Cooper DM, Weiler-Ravell D, Whipp BJ, Wasserman K. Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *J Appl Physiol.* 1984; 56(3): 628-34.
- Corbin CB, Pangrazi RP, Beighle A, Le Masurier G, Morgan C: Physical Activity for Children: A Statement of Guidelines for Children Ages 5-12. Reston, VA: National Association for Sport & Physical Education (NASPE), 2004
- Corbin CB, Pangrazi RP, Welk GJ. Toward an understanding of appropriate physical activity levels for youth. *Phys Activity Fitness Res Dig.* 1994; 1(8): 1– 8.
- Craig SB, Bandini LG, Lichtenstein AH, Schaefer EJ, Dietz WH. The impact of physical activity on lipids, lipoproteins, and blood pressure in preadolescent girls. *Pediatrics.* 1996; 98(3 Pt 1): 389-95.
- Cumming GR, Everatt D, Hastman L. Bruce treadmill test in children: normal values in a clinic population. *Am J Cardiol.* 1978; 41(1): 69-75.
- Dao HH, Frelut ML, Peres G, Bourgeois P, Navarro J. Effects of a multidisciplinary weight loss intervention on anaerobic and aerobic aptitudes in severely obese adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2004; 28(7): 870-8.
- Davison KK, Cutting TM, Birch LL. Parents' activity-related parenting practices predict girls' physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;3 5(9): 1589-95.

- Dauncey MJ, James WPT. Assessment of the heart-rate method for determining energy expenditure in man, using a whole-body calorimeter. *Br J Nutr.* 1979; 42: 1-13
- Davidson L, McNeill G, Haggarty P, Smith JS, Franklin MF. Free-living energy expenditure of adult men assessed by continuous heart-rate monitoring and doubly-labelled water. *Br J Nutr.* 1997; 78(5): 695-708.
- De Marées, H. Sportphysiologie. 9. Aufl. Köln: Sport & Buch Strauß, 2002
- DeBusk RF, Stenestrand U, Sheehan M, Haskell WL. Training effects of long versus short bouts of exercise in healthy subjects. *Am J Cardiol.* 1990; 65(15):1010-3.
- DGE - Deutsche Gesellschaft für Ernährung. Der Mensch ist was er isst. Ernährungswegweiser und Ratgeber. Frankfurt: Deutsche Gesellschaft für Ernährung, 1994
- Dietz WH. Health consequences of obesity in youth: childhood predictors of adult disease. *Pediatrics.* 1998; 101(3 Pt 2): 518-25.
- Dietz WH. Physical activity recommendations: where do we go from here? *J Pediatr.* 2005; 146(6): 719-20.
- Dietz WH. The role of lifestyle in health: the epidemiology and consequences of inactivity. *Proc Nutr Soc.* 1996; 55(3): 829-40.
- Dishman RK, Buckworth J. Increasing physical activity: a quantitative synthesis. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28(6): 706-19.
- Dixon WJ, Mood AM. The statistical sign test. *J. Amer. Statist. Assoc.* 1946; 41: 557-566.
- Donnelly JE, Jacobsen DJ, Heelan KS, Seip R, Smith S. The effects of 18 months of intermittent vs. continuous exercise on aerobic capacity, body weight and composition, and metabolic fitness in previously sedentary, moderately obese females. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000; 24(5): 566-72.
- Döring A, Meisinger C, Thorand B, Löwel H et al. Ernährungsverhalten und Übergewicht: Untersuchungen in den MONICA/KORA-Studien. *Gesundheitswesen* 2005; 67: 51-56
- Douglas CG. A method for determining the total respiratory exchange in man. *J Physiol* 1911; 42: 17
- Duncan GE, Anton SD, Sydeman SJ, Newton RL Jr, Corsica JA, Durning PE, Ketterson TU, Martin AD, Limacher MC, Perri MG. Prescribing exercise at varied levels of intensity and frequency: a randomized trial. *Arch Intern Med.* 2005; 165(20): 2362-9.
- Duncan GE, Howley ET, Johnson BN. Applicability of VO_2max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 273-278
- Dunn CL, Hannan PJ, Jeffery RW, Sherwood NE, Pronk NP, Boyle R. The comparative and cumulative effects of a dietary restriction and exercise on weight loss. *Int J Obes (Lond).* 2006; 30(1): 112-21.
- Dunn AL, Marcus BH, Kampert JB, Garcia ME, Kohl HW 3rd, Blair SN. Comparison of lifestyle and structured interventions to increase physical activity and cardiorespiratory fitness: a randomized trial. *JAMA.* 1999; 281(4): 327-34.
- Duscha BD, Slentz CA, Johnson JL, Houmard JA, Bensimhon DR, Knetzger KJ, Kraus WE. Effects of exercise training amount and intensity on peak oxygen consumption in middle-age men and women at risk for cardiovascular disease. *Chest.* 2005; 128(4): 2788-9
- Ebbeling CB, Pawlak DB, Ludwig DS. Childhood obesity: public-health crisis, common sense cure. *Lancet.* 2002; 360(9331):473-82.
- Eisenmann JC, Strath SJ, Shadrick D, Rigsby P, Hirsch N, Jacobson L. Validity of uniaxial accelerometry during activities of daily living in children. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 91(2-3): 259-63.
- Ekeland E, Heian F, Hagen KB. Can exercise improve self esteem in children and young people? A systematic review of randomised controlled trials. *Br J Sports Med.* 2005; 39(11): 792-8.
- Ekelund U, Franks PW, Wareham NJ, Aman J. Oxygen uptakes adjusted for body composition in normal-weight and obese adolescents. *Obes Res.* 2004a; 12(3): 513-20.

- Ekelund U, Sardinha LB, Anderssen SA, Harro M, Franks PW, Brage S, Cooper AR, Andersen LB, Riddoch C, Froberg K. Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-y-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *Am J Clin Nutr.* 2004b; 80(3): 584-90.
- Eliakim A, Makowski GS, Brasel JA, Cooper DM. Adiposity, lipid levels, and brief endurance training in nonobese adolescent males. *Int J Sports Med.* 2000; 21(5): 332-7.
- Ellrott T, Pudel V: Adipositas-Therapie – Aktuelle Perspektiven. Stuttgart: Thieme, 1998
- Epstein LH, Goldfield GS. Physical activity in the treatment of childhood overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(11S): S553-9.
- Epstein LH, Kilanowski CK, Consalvi AR, Paluch RA. Reinforcing value of physical activity as a determinant of child activity level. *Health Psychol.* 1999; 18(6): 599-603.
- Epstein LH, Paluch RA, Kalakanis LE, Goldfield GS, Cerny FJ, Roemmich JN.: How much activity do youth get? A quantitative review of heart-rate measured activity. *Pediatrics.* 2001; 108(3): E44
- Epstein LH, Saelens BE, Myers MD, Vito D. Effects of decreasing sedentary behaviors on activity choice in obese children. *Health Psychol.* 1997; 16(2): 107-13.
- Epstein LH, Smith JA, Vara LS, Rodefer JS. Behavioral economic analysis of activity choice in obese children. *Health Psychol.* 1991; 10(5): 311-6.
- Epstein LH, Valoski AM, Vara LS, McCurley J, Wisniewski L, Kalarchian MA, Klein KR, Shrager LR. Effects of decreasing sedentary behavior and increasing activity on weight change in obese children. *Health Psychol.* 1995; 14(2): 109-15.
- Epstein LH, Valoski A, Wing RR, McCurley J. Ten-year outcomes of behavioral family-based treatment for childhood obesity. *Health Psychol.* 1994; 13(5): 373-83.
- Epstein LH, Wing RR, Koeske R, Valoski A. Effects of diet plus exercise on weight change in parents and children. *J Consult Clin Psychol.* 1984; 52(3): 429-37.
- Epstein LH, Wing RR, Koeske R, Ossip DJ, Beck S. A comparison of lifestyle change and programmed aerobic exercise on weight and fitness changes in obese children. *Behav Ther.* 1982; 13: 651–665.
- Epstein LH, Wing RR, Koeske R, Valoski A. A comparison of lifestyle exercise, aerobic exercise, and calisthenics on weight loss in obese children. *Behav Ther* 1985a; 16: 345-56
- Epstein LH, Wing RR, Penner BC, Kress MJ. Effect of diet and controlled exercise on weight loss in obese children. *J Pediatr.* 1985b; 107(3): 358-61.
- Eston RG, Rowlands AV, Ingledew DK.: Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J Appl Physiol.* 1998; 84(1): 362-71.
- Ekkekakis P, Hall EE, Petruzzello SJ. Variation and homogeneity in affective responses to physical activity of varying intensities: an alternative perspective on dose-response based on evolutionary considerations. *J Sports Sci.* 2005; 23(5): 477-500.
- Ekkekakis P, Petruzzello SJ. Acute aerobic exercise and affect: current status, problems and prospects regarding dose-response. *Sports Med.* 1999; 28(5): 337-74.
- Fang J, Wylie-Rosett J, Cohen HW, Kaplan RC, Alderman MH. Exercise, body mass index, caloric intake, and cardiovascular mortality. *Am J Prev Med.* 2003; 25(4): 283-9.
- FAO, WHO, UNU – Food and agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, United Nations University. Human energy requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. 2001. <http://www.fao.org/docrep/007/y5686e/y5686e00.htm>. Letzter Zugriff 13.4.2006
- Farrell SW, Kampert JB, Kohl HW 3rd, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger RS Jr, Gibbons LW, Blair SN. Influences of cardiorespiratory fitness levels and other predictors on cardiovascular disease mortality in men. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;3 0(6): 899-905.
- Farrell SW, Braun L, Barlow CE, Cheng YJ, Blair SN. The relation of body mass index, cardiorespiratory fitness, and all-cause mortality in women. *Obes Res.* 2002; 10(6): 417-23.

- Ferguson MA, Gutin B, Le NA, Karp W, Litaker M, Humphries M, Okuyama T, Riggs S, Owens S. Effects of exercise training and its cessation on components of the insulin resistance syndrome in obese children. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1999a; 23(8): 889-95.
- Ferguson MA, Gutin B, Owens S, Barbeau P, Tracy RP, Litaker M. Effects of physical training and its cessation on the hemostatic system of obese children. *Am J Clin Nutr*. 1999b; 69(6): 1130-4.
- Ferro-Luzzi A. The conceptual framework for estimating food energy requirement. *Public Health Nutr*. 2005; 8(7A): 940-52.
- Findeisen DGR, Linke PG, Pickenhain L. *Grundlagen der Sportmedizin*. Leipzig: Barth, 1976
- Fleg JL, Pina IL, Balady GJ, Chaitman BR, Fletcher B, Lavie C, Limacher MC, Stein RA, Williams M, Bazzarre T. Assessment of functional capacity in clinical and research applications: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation*. 2000; 102(13):1591-7.
- Fogelholm M, Hiilloskorpi H, Laukkanen R, Oja P, Van Marken Lichtenbelt W, Westerterp K. Assessment of energy expenditure in overweight women. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30(8): 1191-7.
- Fogelholm M, Nuutinen O, Pasanen M, Myohanen E, Saatela T.: Parent-child relationship of physical activity patterns and obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1999; 23(12): 1262-8.
- Förster H. Messung der körperlichen Aktivität und der körperlichen Leistungsfähigkeit. In: Wabitsch, M (Hrsg.): *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik*. Berlin: Springer, 2005, 277-282
- Foster GD, Wadden TA, Kendrick ZV, Letizia KA, Lander DP, Conill AM.: The energy cost of walking before and after significant weight loss. *Med Sci Sports Exerc*. 1995; 27(6): 888-94.
- Fox KR. Childhood obesity and the role of physical activity. *J R Soc Health*. 2004; 124(1): 34-9.
- Freedman DS, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*. 1999; 103(6 Pt 1): 1175-82.
- Freedson P, Pober D, Janz KF. Calibration of accelerometer output for children. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37(11S): S523-30.
- Friedman M. The use of ranks to avoid assumptions of normality implicit in the analysis of variance. *J Am Statist Assoc*. 1937; 32: 675-701.
- Fröhlich H, Schmidt W. Herzfrequenz-Monitoring – eine Methode zur Erfassung des Energieverbrauchs im Alltag bei Erwachsenen und Kindern. In: Wydra G, Winchenbach H, Schwarz M, Pfeifer K (Hrsg.): *Assessmentverfahren in Gesundheitssport und Bewegungstherapie*. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Band 156. Hamburg: Czwalina, 2006, 147-156
- Fulton JE, Garg M, Galuska DA, Rattay KT, Caspersen CJ: Public health and clinical recommendations for physical activity and physical fitness: special focus on overweight youth. *Sports Med*. 2004; 34(9): 581-99.
- Fulton JE, McGuire MT, Caspersen CJ, Dietz WH.: Interventions for weight loss and weight gain prevention among youth: current issues. *Sports Med*. 2001; 31(3): 153-65.
- Gillette CA, Bullough RC, Melby CL. Postexercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistive exercise. *Int J Sport Nutr*. 1994; 4(4): 347-60.
- Glenny AM, O'Meara S, Melville A, Sheldon TA, Wilson C. The treatment and prevention of obesity: a systematic review of the literature. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1997; 21(9): 715-37.
- Godin G, Desharnais R, Jobin J, Cook J. The impact of physical fitness and health-age appraisal upon exercise intentions and behavior. *J Behav Med*. 1987 Jun;10(3):241-50.
- Goran MI. Measurement issues related to studies of childhood obesity: assessment of body composition, body fat distribution, physical activity, and food intake. *Pediatrics*. 1998; 101(3 Pt 2): 505-18.
- Goran MI, Kaskoun M, Johnson R. Determinants of resting energy expenditure in young children. *J Pediatr*. 1994; 125(3): 362-7.

- Goran MI, Shewchuk R, Gower BA, Nagy TR, Carpenter WH, Johnson RK.: Longitudinal changes in fatness in white children: no effect of childhood energy expenditure. *Am J Clin Nutr.* 1998; 67(2): 309-16.
- Gordon NF, Scott CB, Levine BD. Comparison of single versus multiple lifestyle interventions: are the antihypertensive effects of exercise training and diet-induced weight loss additive? *Am J Cardiol.* 1997; 79(6): 763-7.
- Grediagin A, Cody M, Rupp J, Benardot D, Shern R. Exercise intensity does not effect body composition change in untrained, moderately overfat women. *J Am Diet Assoc.* 1995; 95(6): 661-5.
- Greenhalgh T. Einführung in die Evidence-based Medicine. Kritische Beurteilung klinischer Studien als Basis einer rationalen Medizin. Bern: Hans Huber, 2000
- Guinhouya CB, Hubert H, Soubrier S, Vilhelm C, Lemdani M, Durocher A. Moderate-to-Vigorous Physical Activity among Children: Discrepancies in Accelerometry-Based Cut-off Points. *Obesity (Silver Spring).* 2006; 14(5): 774-7.
- Gunn SM, Brooks AG, Withers RT, Gore CJ, Owen N, Booth ML, Bauman AE. Determining energy expenditure during some household and garden tasks. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(5): 895-902.
- Gutin B, Cucuzzo N, Islam S, Smith C, Moffatt R, Pargman D. Physical training improves body composition of black obese 7- to 11-year-old girls. *Obes Res.* 1995;3 (4): 305-12.
- Gutin B, Barbeau P, Owens S, Lemmon CR, Bauman M, Allison J, Kang HS, Litaker MS. Effects of exercise intensity on cardiovascular fitness, total body composition, and visceral adiposity of obese adolescents. *Am J Clin Nutr.* 2002; 75(5): 818-26.
- Gutin B, Owens S, Slavens G, Riggs S, Treiber F. Effect of physical training on heart-period variability in obese children. *J Pediatr.* 1997; 130(6): 938-43.
- Gutin B, Ramsey L, Barbeau P, Cannady W, Ferguson M, Litaker M, Owens S. Plasma leptin concentrations in obese children: changes during 4-mo periods with and without physical training. *Am J Clin Nutr.* 1999; 69(3): 388-94.
- Gutin B, Yin Z, Humphries MC, Barbeau P. Relations of moderate and vigorous physical activity to fitness and fatness in adolescents. *Am J Clin Nutr.* 2005; 81(4): 746-50.
- Hall EE, Ekkekakis P, Petruzzello SJ. The affective beneficence of vigorous exercise revisited. *Br J Health Psychol.* 2002; 7(Pt 1): 47-66.
- Hardman AE. Issues of fractionization of exercise (short vs long bouts). *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(6 S): S421-7.
- Harrell JS, McMurray RG, Baggett CD, Pennell ML, Pearce PF, Bangdiwala SI. Energy costs of physical activities in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37(2): 329-36.
- Haskell, WL: Health consequences of physical activity: understanding and challenges regarding dose-response. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26: 649–660
- Haskell WL, Montoye HJ, Orenstein D. Physical activity and exercise to achieve health-related physical fitness components. *Public Health Rep.* 1985; 100(2): 202-12.
- Haslam DW, James WP. Obesity. *Lancet.* 2005; 366(9492): 1197-209.
- Hasselstrom H, Hansen SE, Froberg K, Andersen LB. Physical fitness and physical activity during adolescence as predictors of cardiovascular disease risk in young adulthood. Danish Youth and Sports Study. An eight-year follow-up study. *Int J Sports Med.* 2002; 23(S1): S27-31.
- Hauner H. Evidenzbasierte Therapie der Adipositas. *Internist* 2006; 47: 159–170
- Hauner H, Hamann A, Husemann B, Liebermeister H, Wabitsch M, Westenhöfer J, Wiegand-Glebinski W, Wirth A, Wolfram G./ DAG, DDG, DGE - Deutsche Adipositas-Gesellschaft, Deutsche Diabetes-Gesellschaft, Deutsche Gesellschaft für Ernährung. Evidenzbasierte Leitlinie Adipositas: Prävention und Therapie der Adipositas. 2004. <http://www.adipositas-gesellschaft.de/leitlinien.php> letzter Zugriff 15.11.2005
- Hauner H, Buchholz G, Husemann B, Liebermeister H, Wabitsch M, Westenhöfer J, Wirth A, Wolfram G./ DAG, DDG, DGE, DGEM - Deutsche Adipositas-Gesellschaft, Deutsche Diabetes-

- Gesellschaft, Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin. Evidenzbasierte Leitlinie Adipositas: Prävention und Therapie der Adipositas. 2006. <http://www.adipositas-gesellschaft.de/leitlinien.php> letzter Zugriff 21.07.2006
- Hauswirth C, Bigard AX, Le Chevalier JM. The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *Int J Sports Med*. 1997; 18(6): 449-53.
- Hayashi T, Fujino M, Shindo M, Hiroki T, Arakawa K. Echocardiographic and electrocardiographic measures in obese children after an exercise program. *Int J Obes*. 1987; 11(5): 465-72.
- Hebebrand J, Wemter AK, Hinney A: Genetik und Gen-Umwelt Interaktionen. In: Wabitsch, M (Hrsg.): Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005, 27-36
- Hebestreit H. Regulation des Energieverbrauchs über körperliche Bewegung. In: Wabitsch, M (Hrsg.): Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005, 142-146
- Heck H. Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik. Schorndorf: Hofmann, 1990
- Hedley AA, Ogden CL, Johnson CL, Carroll MD, Curtin LR, Flegal KM. Overweight and obesity among US children, adolescents, and adults, 1999-2002. *JAMA* 2004; 291: 2847-50
- Helmrich SP, Ragland DR, Leung RW, Paffenbarger RS Jr. Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med*. 1991; 325(3): 147-52.
- Hills AP, Byrne NM. Physical activity in the management of obesity. *Clin Dermatol*. 2004; 22(4): 315-8.
- Hills AP, Parker AW. Obesity management via diet and exercise intervention. *Child Care Health Dev*. 1988; 14(6): 409-16.
- Hofman A, Walter HJ. The association between physical fitness and cardiovascular disease risk factors in children in a five-year follow-up study. *Int J Epidemiol*. 1989; 18(4): 830-5.
- Hoos MB, Kuipers H, Gerver WJ, Westerterp KR. Physical activity pattern of children assessed by triaxial accelerometry. *Eur J Clin Nutr*. 2004; 58(10): 1425-8.
- Hovell MF, Sallis JF, Kolody B, McKenzie TL. Children's physical activity choices: A developmental analysis of gender, intensity levels, and time. *Pediatr Exerc Sci* 1999; 11: 158-168.
- Howley ET, Bassett jr. DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1292-1301
- Huber G. Qualitätsmanagement und Evaluation in der bewegungsbezogenen Rehabilitation. In: Banzer W, Pfeifer K, Vogt L. Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin. Berlin: Springer, 2004, 262-273
- Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E: Exercise capacity in lean versus obese women. *Scand J Med Sci Sports*. 2001; 11(5): 305-9.
- Humphries MC, Gutin B, Barbeau P, Vemulapalli S, Allison J, Owens S. Relations of adiposity and effects of training on the left ventricle in obese youths. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34(9): 1428-35.
- Hunter GR, Weinsier RL, Bamman MM, Larson DE. A role for high intensity exercise on energy balance and weight control. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1998; 22(6): 489-93.
- Iannotti RJ, Claytor RP, Horn TS, Chen R. Heart rate monitoring as a measure of physical activity in children. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36(11): 1964-71.
- IOM (National Academy of Sciences, Institute of Medicine). Dietary reference intake for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. Washington National Academic Press, 2002
- Ireton-Jones C. Adjusted body weight, con: why adjust body weight in energy-expenditure calculations? *Nutr Clin Pract*. 2005; 20(4): 474-9.
- Jaeger. Mobile Spirometrie. OxyconMobile – Messen vor Ort. Höchberg: Erich Jaeger GmbH – Viasys Healthcare GmbH, 2002
- Jaeschke R. Evidenz und übergeordnete Wirkung von körperlichem Training bei Kindern mit Adipositas. In: Bjarnason-Wehrens B, Dordel S (Hrsg.): Übergewicht und Adipositas im

- Kindes- und Jugendalter. Brennpunkte der Sportwissenschaft; Bd. 29. Sankt Augustin: Academia-Verlag, 2005, 89-109
- Jakicic JM, Clark K, Coleman E, Donnelly JE, Foreyt J, Melanson E, Volek J, Volpe SL; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(12): 2145-56.
- Jakicic JM, Marcus BH, Gallagher KI, Napolitano M, Lang W. Effect of exercise duration and intensity on weight loss in overweight, sedentary women: a randomized trial. *JAMA.* 2003; 290(10): 1323-30.
- Jakicic JM, Wing RR, Butler BA, Robertson RJ. Prescribing exercise in multiple short bouts versus one continuous bout: effects on adherence, cardiorespiratory fitness, and weight loss in overweight women. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1995; 19(12): 893-901.
- Jakicic JM, Winters C, Lang W, Wing RR.: Effects of intermittent exercise and use of home exercise equipment on adherence, weight loss, and fitness in overweight women: a randomized trial. *JAMA.* 1999; 282(16): 1554-60.
- Janz KF, Dawson JD, Mahoney LT. Predicting heart growth during puberty: The Muscatine Study. *Pediatrics.* 2000a; 105(5): E63.
- Janz KF, Dawson JD, Mahoney LT. Tracking physical fitness and physical activity from childhood to adolescence: the muscatine study. *Med Sci Sports Exerc.* 2000b; 32(7): 1250-7.
- Janz KF, Dawson JD, Mahoney LT. Increases in physical fitness during childhood improve cardiovascular health during adolescence: the Muscatine Study. *Int J Sports Med.* 2002a; 23(S1): S15-21.
- Janz KF, Levy SM, Burns TL, Torner JC, Willing MC, Warren JJ. Fatness, physical activity, and television viewing in children during the adiposity rebound period: the Iowa Bone Development Study. *Prev Med.* 2002b; 35(6): 563-71.
- Jeffery RW, Drewnowski A, Epstein LH, Stunkard AJ, Wilson GT, Wing RR, Hill DR. Long-term maintenance of weight loss: current status. *Health Psychol.* 2000; 19(1S): 5-16.
- Jeffery RW, Wing RR, Sherwood NE, Tate DF. Physical activity and weight loss: does prescribing higher physical activity goals improve outcome? *Am J Clin Nutr.* 2003; 78(4): 684-9.
- Jeukendrup AE. Fettverbrennung und körperliche Aktivität. *DZSM* 2005; 56(9): 337-8
- Johnson MS, Figueroa-Colon R, Herd SL, Fields DA, Sun M, Hunter GR, Goran MI. Aerobic fitness, not energy expenditure, influences subsequent increase in adiposity in black and white children. *Pediatrics.* 2000; 106(4): E50.
- Jolliffe D. Continuous and robust measures of the overweight epidemic: 1971-2000. *Demography.* 2004; 41(2): 303-14.
- Katch VL, Sady SS, Freedson P. Biological variability in maximum aerobic power. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14(1): 21-5.
- Katzel LI, Bleecker ER, Colman EG, Rogus EM, Sorkin JD, Goldberg AP. Effects of weight loss vs aerobic exercise training on risk factors for coronary disease in healthy, obese, middle-aged and older men. A randomized controlled trial. *JAMA.* 1995; 274(24): 1915-21.
- King AC, Haskell WL, Young DR, Oka RK, Stefanick ML. Long-term effects of varying intensities and formats of physical activity on participation rates, fitness, and lipoproteins in men and women aged 50 to 65 years. *Circulation.* 1995; 91(10): 2596-604.
- Klaes L, Cosler D, Rommel A, Zens YCK. WIAD-AOK-DSB-Studie II: Bewegungsstatus von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Kurzfassung einer Untersuchung im Auftrag des Deutschen Sportbundes und des AOK Bundesverbandes. 2003. www.wiad.de. Letzter Zugriff: 20.12.2005
- Klaes L, Rommel A, Cosler D, Zens YCK. WIAD-Studie: Bewegungsstatus von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Forschungsbericht im Auftrag des Deutschen Sportbundes und des AOK Bundesverbandes, Bonn. 2000. www.wiad.de. Letzter Zugriff: 20.12.2005
- Klem ML, Wing RR, McGuire MT, Seagle HM, Hill JO.: A descriptive study of individuals successful at long-term maintenance of substantial weight loss. *Am J Clin Nutr.* 1997; 66(2): 239-46.

- Kohl HW, Fulton JE, Caspersen CJ. Assessment of Physical Activity among Children and Adolescents: A Review and Synthesis. *Prev Med.* 2000; 31(2): S54-S76
- Kohl HW, Gordon NF, Villegas JA, Blair SN. Cardiorespiratory fitness, glycemic status, and mortality risk in men. *Diabetes Care.* 1992; 15(2): 184-92.
- Koinzer K.: Gesundheitssport mit Kindern und Jugendlichen. Heidelberg: Johann Ambrosius Barth Verlag 1997
- Korsten-Reck U: Körperliche Fitness und Gesundheitsrisiko. In: Wabitsch, M (Hrsg.): Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005, 321-327
- Krauss RM, Eckel RH, Howard B, Appel LJ, Daniels SR, Deckelbaum RJ, Erdman JW Jr, Kris-Etherton P, Goldberg IJ, Kotchen TA, Lichtenstein AH, Mitch WE, Mullis R, Robinson K, Wylie-Rosett J, St Jeor S, Suttie J, Tribble DL, Bazzarre TL. AHA Dietary Guidelines: revision 2000: A statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association. *Circulation.* 2000; 102(18): 2284-99
- Krenitsky J. Adjusted body weight, pro: evidence to support the use of adjusted body weight in calculating calorie requirements. *Nutr Clin Pract.* 2005; 20(4): 468-73.
- Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch W, Geller F, Ziegler A, Geiß H, Hesse V, v. Hippel, Jaeger U, Johnsen D, Kiess W, Korte W, Kunze D, Menner K, Müller M, Niemann-Pilatus A, Remer T, Schaefer F, Wittchen H, Zabransky S, Zellner K, Hebebrand J. Perzentile für den Body Mass Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatszeitschrift Kinderheilkunde* 2001; 149: 807-818.
- Laforgia J, Withers RT, Shipp NJ, Gore CJ. Comparison of energy expenditure elevations after submaximal and supramaximal running. *J Appl Physiol.* 1997; 82(2): 661-6.
- Laessle RG, Lehrke S, Wurmser H, Pirke KM: Adipositas im Kindes- und Jugendalter – Basiswissen und Therapie. Berlin: Springer 2001
- Langnäse K, Mast M, Müller MJ. Social class differences in overweight of prepubertal children in northwest Germany. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2002; 26(4): 566-72.
- Lawlor DA, Batty GD, Morton SM, Clark H, Macintyre S, Leon DA. Childhood socioeconomic position, educational attainment, and adult cardiovascular risk factors: the Aberdeen children of the 1950s cohort study. *Am J Public Health.* 2005; 95(7): 1245-51
- Lawrenz A, Lawrenz W: Bedeutung von Bewegung und Sport beim adipösen Kind. In: Wabitsch, M (Hrsg.): Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 2005, 315-320
- Lazzer S, Boirie Y, Bitar A, Montaurier C, Vernet J, Meyer M, Vermorel M. Assessment of energy expenditure associated with physical activities in free-living obese and nonobese adolescents. *Am J Clin Nutr.* 2003; 78(3): 471-9.
- Lazzer S, Boirie Y, Montaurier C, Vernet J, Meyer M, Vermorel M. A weight reduction program preserves fat-free mass but not metabolic rate in obese adolescents. *Obes Res.* 2004; 12(2): 233-40.
- Lazzer S, Boirie Y, Poissonnier C, Petit I, Duche P, Taillardat M, Meyer M, Vermorel M. Longitudinal changes in activity patterns, physical capacities, energy expenditure, and body composition in severely obese adolescents during a multidisciplinary weight-reduction program. *Int J Obes (Lond).* 2005; 29(1): 37-46.
- Lee IM, Paffenbarger RS Jr. Associations of light, moderate, and vigorous intensity physical activity with longevity. The Harvard Alumni Health Study. *Am J Epidemiol.* 2000; 151(3): 293-9.
- Leon AS, Connett J, Jacobs DR Jr, Rauramaa R. Leisure-time physical activity levels and risk of coronary heart disease and death. The Multiple Risk Factor Intervention Trial. *JAMA.* 1987; 258(17): 2388-95.
- Livingstone MB, Coward WA, Prentice AM, Davies PS, Strain JJ, McKenna PG, Mahoney CA, White JA, Stewart CM, Kerr MJ. Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labeled water (2H2(18)O) method. *Am J Clin Nutr.* 1992; 56(2): 343-52.

- Livingstone MB, Prentice AM, Coward WA, Ceesay SM, Strain JJ, McKenna PG, Nevin GB, Barker ME, Hickey RJ. Simultaneous measurement of free-living energy expenditure by the doubly labeled water method and heart-rate monitoring. *Am J Clin Nutr.* 1990; 52(1): 59-65.
- Livingstone MB, Robson PJ, Totton M. Energy expenditure by heart rate in children: an evaluation of calibration techniques. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(8): 1513-9.
- Livingstone MB, Robson PJ, Black AE, Coward WA, Wallace JM, McKinley MC, Strain JJ, McKenna PG. An evaluation of the sensitivity and specificity of energy expenditure measured by heart rate and the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate for identifying mis-reporting of energy intake by adults and children: a retrospective analysis. *Eur J Clin Nutr.* 2003a; 57(3): 455-63.
- Livingstone MB, Robson PJ, Wallace JM, McKinley MC.: How active are we? Levels of routine physical activity in children and adults. *Proc Nutr Soc.* 2003b; 62(3):681-701.
- Lobstein T, Baur L, Uauy R, IASO - International Obesity Task Force. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obes Rev.* 2004; 5 (S1): 4-104.
- Löllgen H, Boldt F, Berbalk A, Halle M, Hoffman G, Schmidt Trucksäß A, Urhausen A, Völker K, Zurstegge M. DGSP-Leitlinien zur Belastungsuntersuchung in der Sportmedizin. 2002. <http://www.dgsp.de/downloads/mixed/Leitlinien.pdf> Letzter Zugriff 15.12.2005
- Londeree BR, Thomas TR, Ziogas G, Smith TD, Zhang Q. %VO₂max versus %HRmax regressions for six modes of exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27(3): 458-61.
- Lothian F, Farrally MR, Mahoney C. Validity and reliability of the Cosmed K2 to measure oxygen uptake. *Can J Appl Physiol.* 1993; 18(2): 197-206.
- Lucia A, Fleck SJ, Gotshall RW, Kearney JT. Validity and reliability of the Cosmed K2 instrument. *Int J Sports Med.* 1993; 14(7): 380-6.
- Luke A, Maki KC, Barkey N, Cooper R, McGee D. Simultaneous monitoring of heart rate and motion to assess energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29(1): 144-8.
- Lussier L, Buskirk ER. Effects of an endurance training regimen on assessment of work capacity in prepubertal children. *Ann N Y Acad Sci.* 1977; 301: 734-47.
- Maciejewski ML, Patrick DL, Williamson DF. A structured review of randomized controlled trials of weight loss showed little improvement in health-related quality of life. *J Clin Epidemiol.* 2005; 58(6): 568-78.
- Maffeis C, Pinelli L, Zaffanello M, Schena F, Iacumin P, Schutz Y. Daily energy expenditure in free-living conditions in obese and non-obese children: comparison of doubly labelled water (2H₂(18)O) method and heart-rate monitoring. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1995; 19(9): 671-7.
- Maffeis C, Schutz Y: Regulation des Energiestoffwechsels. In: Wabitsch, M (Hrsg.): *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005a, 133-141
- Maffeis C, Schutz Y: Messmethoden zur Bestimmung des Energieverbrauchs. In: Wabitsch, M (Hrsg.): *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005b, 275-276
- Maffeis C, Zaffanello M, Pellegrino M, Banzato C, Bogoni G, Viviani E, Ferrari M, Tato L. Nutrient oxidation during moderately intense exercise in obese prepubertal boys. *J Clin Endocrinol Metab.* 2005; 90(1): 231-6.
- Mahon AD, Vaccaro P. Ventilatory threshold and VO₂max changes in children following endurance training. *Med Sci Sports Exerc.* 1989; 21(4): 425-31.
- Malina RM. Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan. *Res Q Exerc Sport.* 1996; 67(3S): S48-57.
- Malina, RM. Adherence to physical activity from childhood to adulthood: a perspective from tracking studies. *QUEST* 2001a; 53(3): 346-355.
- Malina RM. Physical activity and fitness: pathways from childhood to adulthood. *Am J Hum Biol.* 2001b; 13(2): 162-72.

- Malina C, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity. 2nd ed. Champaign, Ill: Human Kinetics, 2004
- Mandigout S, Lecoq AM, Courteix D, Guenon P, Obert P. Effect of gender in response to an aerobic training programme in prepubertal children. *Acta Paediatr.* 2001; 90(1): 9-15.
- Marinov B, Kostianev S. Exercise performance and oxygen uptake efficiency slope in obese children performing standardized exercise. *Acta Physiol Pharmacol Bulg.* 2003 ;27(2-3): 59-64.
- Massicotte DR, Macnab RB. Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. *Med Sci Sports.* 1974; 6(4): 242-6
- Massin MM, Lebrethon MC, Rocour D, Gerard P, Bourguignon JP. Patterns of physical activity determined by heart rate monitoring among diabetic children. *Arch Dis Child.* 2005; 90(12): 1223-6.
- McGinnis JM, Foege WH. Actual causes of death in the United States. *JAMA.* 1993; 270(18): 2207-12.
- McKenzie TL, Sallis JF, Elder JP, Berry CC, Hoy PL, Nader PR, Zive MM, Broyles SL. Physical activity levels and prompts in young children at recess: a two-year study of a bi-ethnic sample. *Res Q Exerc Sport.* 1997; 68(3): 195-202.
- McKenzie TL, Sallis JF, Nader PR. SOFIT: system for observing fitness instruction time. *J Teaching Phys Educ.* 1991; 11: 195-205.
- McLaughlin JE, King GA, Howley ET, Bassett DR Jr, Ainsworth BE. Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *Int J Sports Med.* 2001; 22(4): 280-4.
- McManus AM, Armstrong N, Williams CA. Effect of training on the aerobic power and anaerobic performance of prepubertal girls. *Acta Paediatr.* 1997; 86(5): 456-9.
- Meijer GA, Janssen GM, Westerterp KR, Verhoeven F, Saris WH, ten Hoor F.: The effect of a 5-month endurance-training programme on physical activity: evidence for a sex-difference in the metabolic response to exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991; 62(1): 11-7.
- Melanson EL Jr, Freedson PS. Physical activity assessment: a review of methods. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 1996; 36(5): 385-96.
- Mensink GB, Heerstrass DW, Neppelenbroek SE, Schuit AJ, Bellach BM. Intensity, duration, and frequency of physical activity and coronary risk factors. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29(9): 1192-8.
- Merati G, Negrini S, Sarchi P, Mauro F, Veicsteinas A. Cardio-respiratory adjustments and cost of locomotion in school children during backpack walking (the Italian Backpack Study). *Eur J Appl Physiol.* 2001; 85(1-2): 41
- Meyer T, Kindermann W. Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max). *Dtsch Z Spomed* 1999; 50(9): 285-286.
- Mikami S, Mimura K, Fujimoto S, Bar-Or O. Physical activity, energy expenditure and intake in 11 to 12 years old Japanese prepubertal obese boys. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2003; 22(1): 53-60.
- Miller WC, Koceja DM, Hamilton EJ. A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1997; 21(10): 941-7.
- Montoye HJ. Age and oxygen utilization during submaximal treadmill exercise in males. *J Gerontol.* 1982; 37(4): 396-402.
- Montoye JH, Kemper HCG, Saris WHM, Washburn RA. Measuring physical activity and energy expenditure. Champaign: Human Kinetics 1996
- Mokdad AH, Marks JS, Stroup DF, Gerberding JL. Actual causes of death in the United States, 2000. *JAMA.* 2004; 291(10): 1238-45.
- Morrow Jr JR, Freedson PS. Relationship between habitual physical activity and aerobic fitness in adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 1994; 6: 315-29
- Mota J, Santos P, Guerra S, Ribeiro JC, Duarte JA. Patterns of daily physical activity during school days in children and adolescents. *Am J Hum Biol.* 2003; 15(4): 547-53.

- Motl RW, Birnbaum AS, Kubik MY, Dishman RK. Naturally occurring changes in physical activity are inversely related to depressive symptoms during early adolescence. *Psychosom Med.* 2004; 66(3): 336-42.
- Mougios V, Kazaki M, Christoulas K, Ziogas G, Petridou A. Does the intensity of an exercise programme modulate body composition changes? *Int J Sports Med.* 2006; 27(3): 178-81.
- Müller M, Danielzik S, Spethmann C, Dilba B, Czerwinski-Mast M: Prävention von Übergewicht bei Kindern und Jugendlichen. In: Wabitsch, M (Hrsg.): *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik.* Berlin: Springer, 2005, 375-387
- Must A, Tybor DJ. Physical activity and sedentary behavior: a review of longitudinal studies of weight and adiposity in youth. *Int J Obes (Lond).* 2005; 29(S2): S84-96.
- Newell DJ. Intention-to-treat analysis: implications for quantitative and qualitative research. *Int J Epidemiol.* 1992; 21(5): 837-41.
- Newman WP 3rd, Freedman DS, Voors AW, Gard PD, Srinivasan SR, Cresanta JL, Williamson GD, Webber LS, Berenson GS. Relation of serum lipoprotein levels and systolic blood pressure to early atherosclerosis. The Bogalusa Heart Study. *N Engl J Med.* 1986; 314(3): 138-44.
- NHMRC - National Health and Medical Research Council. Clinical Practice Guidelines for the Management of Overweight and Obesity in Children and Adolescents. 2003.
www.obesityguidelines.gov.au Letzter Zugriff 15.07.2006
- Nichols JF, Morgan CG, Chabot LE, Sallis JF, Calfas KJ. Assessment of physical activity with the Computer Science and Applications, Inc., accelerometer: laboratory versus field validation. *Res Q Exerc Sport.* 2000; 71(1): 36-43.
- NICHD study group - The National Institute of Child Health and Human Development Study of Early Child Care and Youth Development Network. Frequency and intensity of activity in third-grade children in physical education. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003; 157(2): 185-190.
- NIH - National Institutes of Health. Consensus Development Panel on Physical Activity and Cardiovascular Health. Physical activity and cardiovascular health. NIH Consensus Conference. *JAMA* 1996; 276: 241-6
- NIH and NHLBI - National Institutes of Health and National Heart, Lung, and Blood Institute. Clinical Guidelines on the identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults: the Evidence Report. *Obes. Res.* 1998, 6(S2): 51S-209S
- Norgan NG. Measurement and interpretation issues in laboratory and field studies of energy expenditure. *Am J Hum Biol.* 1996; 8: 143-158.
- Norman AC, Drinkard B, McDuffie JR, Ghorbani S, Yanoff LB, Yanovski JA. Influence of excess adiposity on exercise fitness and performance in overweight children and adolescents. *Pediatrics.* 2005; 115(6): e690-6.
- Norris R, Carroll D, Cochrane R. The effects of physical activity and exercise training on psychological stress and well-being in an adolescent population. *J Psychosom Res.* 1992; 36(1): 55-65.
- O'Connor J, Ball EJ, Steinbeck KS, Davies PSW, Wishart C, Gaskin KJ, Baur LA. Measuring physical activity in children: comparison of doubly labelled water, a physical activity questionnaire, the Tritrac-R3D accelerometer, and an activity diary. *Pediatr Ex Sci* 2003; 15: 202-215.
- O'Donovan G, Owen A, Bird SR, Kearney EM, Nevill AM, Jones DW, Woolf-May K. Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate- or high-intensity exercise of equal energy cost. *J Appl Physiol.* 2005; 98(5): 1619-25.
- Ogden CL, Flegal KM, Carroll MD, Johnson CL. Prevalence and trends in overweight among US children and adolescents, 1999-2000. *JAMA* 2002; 288:1728-32.
- Ogden CL, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Mei Z, Guo S, Wei R, Grummer-Strawn LM, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL. Centers for Disease Control and Prevention 2000 growth charts for the United States: improvements to the 1977 National Center for Health Statistics version. *Pediatrics.* 2002; 109(1): 45-60.
- Oguma Y, Sesso HD, Paffenbarger RS Jr, Lee IM. Physical activity and all cause mortality in women: a review of the evidence. *Br J Sports Med.* 2002; 36(3): 162-72.

- Orsini D, Passmore R. The energy expended carrying loads up and down stairs; experiments using the Kofranyi-Michaelis calorimeter. *J Physiol.* 1951; 115(1): 95-100.
- Owens S, Gutin B, Allison J, Riggs S, Ferguson M, Litaker M, Thompson W. Effect of physical training on total and visceral fat in obese children. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(1): 143-8.
- Paffenbarger RS Jr, Hyde RT, Wing AL, Hsieh CC. Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N Engl J Med.* 1986; 314(10): 605-13.
- Paffenbarger RS Jr, Hyde RT, Wing AL, Lee IM, Jung DL, Kampert JB. The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med.* 1993; 328(8): 538-45.
- Page A, Cooper AR, Stamatakis E, Foster LJ, Crowne EC, Sabin M, Shield JP.: Physical activity patterns in nonobese and obese children assessed using minute-by-minute accelerometry. *Int J Obes* 2005; 29(9): 1070-6.
- Pahmeier I. Barrieren vor und Bindung an gesundheitssportliche Aktivität. In: Bös K, Brehm W (Hrsg.). *Gesundheitssport – Ein Handbuch.* Schorndorf: Hofmann, 1998, 124-134
- Passmore R, Durnin JV. Human energy expenditure. *Physiol Rev.* 1955; 35(4): 801-40.
- Pate RR, Long BJ, Heath G. Descriptive epidemiology of physical activity in adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 1994; 6: 434-47
- Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, Buchner D, Ettinger W, Heath GW, King AC et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA.* 1995; 273(5): 402-7.
- Pate RR, Trost M, Williams C. Critique of existing guidelines for physical activity in young people. In: Biddle S, Sallis J, Cavill N, eds. *Young and active? Young people and health enhancing physical activity: evidence and implications.* London: Health Education Authority, 1998, 162-76
- Paterson DH, Cunningham DA, Donner A. The effect of different treadmill speeds on the variability of VO2 max in children. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1981; 47(2): 113-22.
- Payne VG, Morrow JR Jr. Exercise and VO2 max in children: a meta-analysis. *Res Q Exerc Sport.* 1993; 64(3): 305-13.
- Pedersen BK, Hoffman-Goetz L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiol Rev.* 2000; 80(3): 1055-81.
- Peel C, Utsey C. Oxygen consumption using the K2 telemetry system and a metabolic cart. *Med Sci Sports Exerc.* 1993; 25(3): 396-400.
- Pencharz PB, Azcue MP. Measuring resting energy expenditure in clinical practice. *J Pediatr.* 1995; 127(2): 269-71.
- Perret C, Mueller G. Validation of a new portable ergospirometric device (Oxycon Mobile) during exercise. *Int J Sports Med.* 2006; 27(5): 363-7.
- Perri MG, Anton SD, Durning PE, Ketterson TU, Sydeman SJ, Berlant NE, Kanasky WF Jr, Newton RL Jr, Limacher MC, Martin AD. Adherence to exercise prescriptions: effects of prescribing moderate versus higher levels of intensity and frequency. *Health Psychol.* 2002; 21(5): 452-8.
- Pietrobelli A, Faith MS, Allison DB, Gallagher D, Chiumello G, Heymsfield SB. Body mass index as a measure of adiposity among children and adolescents: a validation study. *J Pediatr.* 1998; 132(2): 204-10.
- Platen P. Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit. In: Rost R (Hrsg.). *Lehrbuch der Sportmedizin* (48-66). Köln: Deutscher Ärzteverlag, 2001
- Pohl JF, Stephen M, Wilson DP. Pediatric obesity: impact and surgical management. *South Med J.* 2006; 99(8): 833-44.
- Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, Després J-P, Dishman RK, Franklin BA, Garber CE. ACSM Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30(6): 975-91.

- Potteiger JA, Jacobsen DJ, Donnelly JE, Hill JO. Midwest Exercise Trial. Glucose and insulin responses following 16 months of exercise training in overweight adults: the Midwest Exercise Trial. *Metabolism*. 2003; 52(9): 1175-81.
- Poujade B, Hautier CA, Rouard A. Determinants of the energy cost of front-crawl swimming in children. *Eur J Appl Physiol*. 2002; 87(1):1-6.
- Poulsen AA, Ziviani JM. Health enhancing physical activity: Factors influencing engagement patterns in children. *Aust Occ Ther J* 2004; 51: 69-79
- Powell KE, Blair SN. The public health burdens of sedentary living habits: theoretical but realistic estimates. *Med Sci Sports Exerc*. 1994; 26(7): 851-6.
- Prentice AM, Goldberg GR, Murgatroyd PR, Cole TJ.: Physical activity and obesity: problems in correcting expenditure for body size. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1996; 20(7): 688-91.
- Prochaska JO, DiClemente CC. Transtheoretical therapy toward a more integrative model of change. *Psychother Theory Res. Practice* 1982; 19(3): 276-287.
- Pronk NP, Wing RR. Physical activity and long-term maintenance of weight loss. *Obes Res*. 1994; 2(6): 587-99.
- Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Butte NF. Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res*. 2002; 10(3): 150-7.
- Ramirez-Marrero FA, Smith BA, Sherman WM, Kirby TE. Comparison of methods to estimate physical activity and energy expenditure in African American children. *Int J Sports Med*. 2005; 26(5): 363-71.
- Ratel S, Lazaar N, Dore E, Baquet G, Williams CA, Berthoin S, Van Praagh E, Bedu M, Duche P. High-intensity intermittent activities at school: controversies and facts. *J Sports Med Phys Fitness*. 2004; 44(3): 272-80.
- Reinehr T: Übersicht über konventionelle Therapiemöglichkeiten. In: Wabitsch, M (Hrsg.): *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005, 301-314
- Reinehr T: Adipositas im Kindes- und Jugendalter. Folgeerkrankungen, Präventionschancen und Wirksamkeit von Therapieansätzen. *Kinder- und Jugendarzt* 2006; 37 (5), 296-301.
- Reinehr T, Andler W, Denzer C, Siegried W, Mayer H, Wabitsch M. Cardiovascular risk factors in overweight German children and adolescents: relation to gender, age and degree of overweight. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2005; 15(3): 181-7.
- Reinehr T, Kersting M, Alexy U, Andler W. Long-term follow-up of overweight children: after training, after a single consultation session, and without treatment. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2003; 37(1): 72-4.
- Reinehr T, Wollenhaupt A, Chahda C, Kersting M, Andler W: Ambulante Adipositasschulungen im Kindesalter. Vergleichskriterien zur Entwicklung validierter Behandlungsempfehlungen. *Klin Pädiatr* 2002; 214: 83-88.
- Reincke M. Adipositas und Innere Medizin. *Internist* 2006; 47(2): 119
- Reybrouck T, Vinckx J, Van den Berghe G, Vanderschueren-Lodeweyckx M. Exercise therapy and hypocaloric diet in the treatment of obese children and adolescents. *Acta Paediatr Scand*. 1990; 79(1): 84-9.
- Riddoch CJ. Relationships between physical activity and health in young people. In: Biddle S, Sallis J, Cavill N, editors. *Young and active? Young people and health-enhancing physical activity: evidence and implications*. London: Health Education Authority, 1998, 17-48
- Riddoch CJ, Bo Andersen L, Wedderkopp N, Harro M, Klasson-Heggebo L, Sardinha LB, Cooper AR, Ekelund U. Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36(1): 86-92.
- Riddoch CJ, Boreham CA. The health-related physical activity of children. *Sports Med*. 1995; 19(2): 86-102.
- Ridley, K. The Multimedia Activity Recall for Children and Adolescents (MARCA): Development and Validation. PhD thesis. Adelaide: University of South Australia, 2005

- Ridley K, Olds TS, Hill A. The Multimedia activity recall for children and adolescents (MARCA): development and evaluation. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2006; 3: 10.
- Rieper, H., Karst, H., Noack, R., & Johnsen, D. Intra- and inter-individual variations in energy expenditure of 14-15-year-old schoolgirls as determined by indirect calorimetry. *Br J Nutr.* 1993; 69(1): 29-36.
- Rietjens GJ, Kuipers H, Kester AD, Keizer HA. Validation of a computerized metabolic measurement system (Oxycon-Pro) during low and high intensity exercise. *Int J Sports Med.* 2001; 22(4): 291-4.
- Ritchie LD, Welk G, Styne D, Gerstein DE, Crawford PB.: Family environment and pediatric overweight: what is a parent to do? *J Am Diet Assoc.* 2005; 105(5 S1): S70-9.
- Rivera-Brown AM, Alvarez M, Rodriguez-Santana JR, Benetti PJ. Anaerobic power and achievement of VO₂ plateau in pre-pubertal boys. *Int J Sports Med.* 2001; 22(2): 111-5.
- Roberts SO. The role of physical activity in the prevention and treatment of childhood obesity. *Pediatr Nurs.* 2000; 26(1): 33-6, 39-41.
- Rocchini AP, Katch V, Anderson J, Hinderliter J, Becque D, Martin M, Marks C. Blood pressure in obese adolescents: effect of weight loss. *Pediatrics.* 1988; 82(1): 16-23.
- Ross R, Janssen I. Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(6S): S521-9.
- Rowland TW. Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 1985; 17(5) :493-7.
- Rowland TW. Does peak VO₂ reflect VO₂max in children? Evidence from supramaximal testing. *Med Sci Sports Exerc.* 1993; 25(6): 689-93.
- Rowland, TW. Exercise and Children's Health. Champaign, IL. Human Kinetics Publishers. 1990a.
- Rowland TW. Developmental aspects of physiological function relating to aerobic exercise in children. *Sports Med.* 1990b; 10(4): 255-66.
- Rowland TW, Boyajian A. Aerobic response to endurance exercise training in children. *Pediatrics.* 1995; 96(4 Pt 1): 654-8.
- Rowland TW, Martel L, Vanderburgh P, Manos T, Charkoudian N. The influence of short-term aerobic training on blood lipids in healthy 10-12 year old children. *Int J Sports Med.* 1996; 17(7): 487-92.
- Rowland TW, Varzeas MR, Walsh CA. Aerobic responses to walking training in sedentary adolescents. *J Adolesc Health.* 1991; 12(1): 30-4.
- Rowlands AV, Eston RG, Ingledew DK. Relationship between activity levels, aerobic fitness, and body fat in 8- to 10-yr-old children. *J Appl Physiol.* 1999; 86(4): 1428-35.
- Rubin DB. Inference and missing data. *Biometrika* 1976; 63: 581-592
- Ruha A, Sallinen S, Nissila S. A real-time microprocessor QRS system with a 1-ms timing accuracy for the measurement of ambulatory HRV. *IEEE Trans Biomed Eng* 1997; 44(3), 159-167
- Ruiz JR, Rizzo NS, Hurtig-Wennlof A, Ortega FB, Warnberg J, Sjostrom M. Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *Am J Clin Nutr.* 2006; 84(2): 299-303.
- Sackett DL, Rosenberg WM. The need for evidence-based medicine. *J R Soc Med.* 1995; 88(11): 620-4.
- Saelens BE, Sallis JF, Wilfley DE, Patrick K, Cella JA, Buchta R. Behavioral weight control for overweight adolescents initiated in primary care. *Obes Res.* 2002; 10(1): 22-32.
- Sallis JF, Buono MJ, Freedson PS. Bias in estimating caloric expenditure from physical activity in children. Implications for epidemiological studies. *Sports Med.* 1991; 11(4): 203-9.
- Sallis JF, Alcaraz JE, McKenzie TL, Hovell MF. Predictors of change in children's physical activity over 20 months. Variations by gender and level of adiposity. *Am J Prev Med.* 1999; 16(3): 222-9.

- Sallis JF, McKenzie TL, Alcaraz JE, Kolody B, Faucette N, Hovell MF.: The effects of a 2-year physical education program (SPARK) on physical activity and fitness in elementary school students. *Sports, Play and Active Recreation for Kids. Am J Public Health.* 1997; 87(8): 1328-34.
- Sallis JF, Patrick K, Frank E, Pratt M, Wechsler H, Galuska DA. Interventions in health care settings to promote healthful eating and physical activity in children and adolescents. *Prev Med.* 2000a; 31: S112-20
- Sallis JF, Prochaska JJ, Taylor WC. A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2000b; 32(5): 963-75.
- Sallis JF, Simons-Morton BG, Stone EJ, Corbin CB, Epstein LH, Faucette N, Iannotti RJ, Killen JD, Klesges RC, Petray CK, Rowland TW, Taylor WC. Determinants of physical activity and interventions in youth. *Med Sci Sports Exerc.* 1992; 24(6S): S248-57.
- Saris WH, Blair SN, van Baak MA, Eaton SB, Davies PS, Di Pietro L, Fogelholm M, Rissanen A, Schoeller D, Swinburn B, Tremblay A, Westerterp KR, Wyatt H. How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obes Rev.* 2003; 4(2): 101-14.
- Savage MP, Petratis MM, Thomson WH, Berg K, Smith JL, Sady SP. Exercise training effects on serum lipids of prepubescent boys and adult men. *Med Sci Sports Exerc.* 1986; 18(2): 197-204.
- Schafer JL, Graham JW. Missing data: our view of the state of the art. *Psychol Methods.* 2002; 7(2): 147-77
- Schmitz, MKH. The Interactive and Independent Associations of Physical Activity, Body Weight, and Blood Lipid Levels. Ph. D. Dissertation. Minneapolis: University of Minnesota, 1998.
- Schoeller DA, Shay K, Kushner RF. How much physical activity is needed to minimize weight gain in previously obese women? *Am J Clin Nutr.* 1997; 66(3): 551-6.
- Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985; 39(S1): 5-41.
- Schulz H, Helle S, Heck H. The validity of the telemetric system CORTEX X1 in the ventilatory and gas exchange measurement during exercise. *Int J Sports Med.* 1997; 18(6): 454-7.
- Schutz Y. Macronutrients and energy balance in obesity. *Metabolism.* 1995; 44(9 S3): 7-11.
- Schutz Y, Weinsier RL, Hunter GR. Assessment of free-living physical activity in humans: an overview of currently available and proposed new measures. *Obes Res.* 2001; 9(6): 368-79.
- Schwimmer JB, Burwinkle TM, Varni JW. Health-related quality of life of severely obese children and adolescents. *JAMA.* 2003; 289(14): 1813-9.
- Sherman WM, Morris DM, Kirby TE, Petosa RA, Smith BA, Frid DJ, Leenders N. Evaluation of a commercial accelerometer (Tritrac-R3 D) to measure energy expenditure during ambulation. *Int J Sports Med.* 1998; 19(1): 43-7.
- Short KR, Sedlock DA. Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J Appl Physiol.* 1997; 83(1): 153-9.
- Siegel S, Castellan NJ, Jr. Nonparametric statistics for the behavioural sciences, 2nd ed. Singapore: McGraw-Hill, 1998
- Simons-Morton BG, Parcel GS, Baranowski T, Forthofer R, O'Hara NM.: Promoting physical activity and a healthful diet among children: results of a school-based intervention study. *Am J Public Health.* 1991; 81(8): 986-91.
- Singer, R., Eberspächer, H., Bös, K. und Rehs, H.-J. Die ATPA-D Skalen. Eine deutsche Version der Skalen von Kenyon zur Erfassung der Einstellung gegenüber sportlicher Aktivität, Bad Homburg v. d. H: Limpert, 1980
- Sirard JR, Pate RR. Physical activity assessment in children and adolescents. *Sports Med.* 2001; 31(6): 439-54.
- Skinner JS. Körperliche Aktivität und Gesundheit: Welche Bedeutung hat die Trainingsintensität? *Dtsch Z Spomed* 2001; 52(6): 211-214.

- Sleap M, Tolfrey K.: Do 9- to 12 yr-old children meet existing physical activity recommendations for health? *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(4): 591-6.
- Sleap M, Warburton P. Physical activity levels of 5-11-year-old children in England: cumulative evidence from three direct observation studies. *Int J Sports Med.* 1996; 17(4): 248-53.
- Slentz CA, Duscha BD, Johnson JL, Ketchum K, Aiken LB, Samsa GP, Houmard JA, Bales CW, Kraus WE. Effects of the amount of exercise on body weight, body composition, and measures of central obesity: STRRIDE--a randomized controlled study. *Arch Intern Med.* 2004; 164(1): 31-9.
- Sothorn MS. Exercise as a modality in the treatment of childhood obesity. *Pediatr Clin North Am.* 2001; 48(4): 995-1015.
- Sothorn MS, Loftin M, Blecker U, Udall JN Jr. Impact of significant weight loss on maximal oxygen uptake in obese children and adolescents. *J Investig Med.* 2000; 48(6): 411-6.
- Speakman JR. Obesity: the integrated roles of environment and genetics. *J Nutr.* 2004; 134(8S): 2090S-2105S.
- Spitzer H, Hettinger T, Kaminsky G. *Tafeln für den Energieumsatz*, 6. Aufl. Berlin: Beuth, 1982
- Spurr GB, Prentice AM, Murgatroyd PR, Goldberg GR, Reina JC, Christman NT. Energy expenditure from minute-by-minute heart-rate recording: comparison with indirect calorimetry. *Am J Clin Nutr.* 1988; 48(3): 552-9.
- Spyra K, Müller-Fahrnow W, Held K, Karoff M, Nowossadek E. Indikatoren der Prozess- und Ergebnisqualität im Rahmen eines multizentrischen Qualitätsmanagements in der kardiologischen Rehabilitation. *ZaeFQ* 2002; 96(1): 31-36
- Stefanick ML. Exercise and weight control. *Exerc Sport Sci Rev.* 1993; 21: 363-96.
- Stefanick ML. Physical activity for preventing and treating obesity-related dyslipoproteinemias. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(11S): S609-18.
- Stefanick ML, Mackey S, Sheehan M, Ellsworth N, Haskell WL, Wood PD. Effects of diet and exercise in men and postmenopausal women with low levels of HDL cholesterol and high levels of LDL cholesterol. *N Engl J Med.* 1998; 339(1): 12-20.
- Steinbeck KS.: The importance of physical activity in the prevention of overweight and obesity in childhood: a review and an opinion. *Obes Rev.* 2001; 2(2): 117-30.
- Steinbeck KS, Baur LA, Morris AM, Ghersi D. A proposed protocol for the development of a register of trials of weight management of childhood overweight and obesity. *Int J Obes (Lond).* 2006; 30(1): 2-5.
- Stewart JA, Dennison DA, Kohl HW, Doyle JA. Exercise level and energy expenditure in the TAKE 10! in-class physical activity program. *J Sch Health.* 2004; 74(10): 397-400.
- Stiegler P, Cunliffe A. The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports Med.* 2006; 36(3): 239-62.
- Stoedefalke K, Armstrong N, Kirby BJ, Welsman JR. Effect of training on peak oxygen uptake and blood lipids in 13 to 14-year-old girls. *Acta Paediatr.* 2000; 89(11): 1290-4.
- Stone EJ, McKenzie TL, Welk GJ, Booth, ML: Effects of Physical Activity Interventions in Youth. Review and Synthesis. *Am J Prev Med* 1998; 15(4): 298-315.
- Strath SJ, Swartz AM, Bassett DR Jr, O'Brien WL, King GA, Ainsworth BE. Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(9S): S465-70.
- Stratton G. Promoting children's physical activity in primary school: an intervention study using playground markings. *Ergonomics.* 2000; 43(10): 1538-46.
- Strong WB, Deckelbaum RJ, Gidding SS, Kavey RE, Washington R, Wilmore JH, Perry CL. Integrated cardiovascular health promotion in childhood. A statement for health professionals from the Subcommittee on Atherosclerosis and Hypertension in Childhood of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, American Heart Association. *Circulation.* 1992; 85(4): 1638-50.

- Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, Daniels SR, Dishman RK, Gutin B, Hergenroeder AC, Must A, Nixon PA, Pivarnik JM, Rowland T, Trost S, Trudeau F.: Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr.* 2005; 146(6): 732-7.
- Summerbell CD, Ashton V, Campbell KJ, Edmunds L, Kelly S, Waters E. Interventions for treating obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003; (3): CD001872.
- Summerbell CD, Waters E, Edmunds LD, Kelly S, Brown T, Campbell KJ. Interventions for preventing obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005 Jul 20; (3): CD001871.
- Swain DP, Franklin BA. VO(2) reserve and the minimal intensity for improving cardiorespiratory fitness. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(1): 152-7.
- Swain DP, Franklin BA. Comparison of cardioprotective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. *Am J Cardiol.* 2006; 97(1): 141-7.
- Sweeney ME, Hill JO, Heller PA, Baney R, DiGirolamo M. Severe vs moderate energy restriction with and without exercise in the treatment of obesity: efficiency of weight loss. *Am J Clin Nutr.* 1993; 57(2): 127-34.
- Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol.* 1955; 8(1): 73-80.
- Thiel C, Claußnitzer G, Rhodius U, Vogt L, Banzer W. Immediate Effekte der stationären Adipositas-therapie von Kindern und Jugendlichen. *DZSM.* 2005; 56(7-8): 34S
- Tolfrey K, Campbell IG, Batterham AM. Aerobic trainability of prepubertal boys and girls. *Pediatr Exerc Sci* 1998; 10: 248-63
- Torun, B. Energy requirements of children and adolescents. Unpublished background paper prepared for the joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation on Energy in Human Nutrition, 2001.
- Torun B. Energy requirements of children and adolescents. *Public Health Nutr.* 2005; 8(7A): 968-93.
- Torun B. Inaccuracy of applying energy expenditure rates of adults to children. *Am J Clin Nutr.* 1983; 38(5): 813-5.
- Town GP, Bradley SS. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23: 238-41
- Trappe HJ, Löllgen H. Leitlinien für die Ergometrie. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herzkreislaufforschung. *Z Kardiol.* 2000; 89: 821-831
- Treuth MS, Adolph AL, Butte NF. Energy expenditure in children predicted from heart rate and activity calibrated against respiration calorimetry. *Am J Physiol.* 1998a; 275(1 Pt 1): E12-8.
- Treuth MS, Hunter GR, Pichon C, Figueroa-Colon R, Goran MI. Fitness and energy expenditure after strength training in obese prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc.* 1998b; 30(7): 1130-6.
- Treuth MS, Schmitz K, Catellier DJ, McMurray RG, Murray DM, Almeida MJ, Going S, Norman JE, Pate R. Defining accelerometer thresholds for activity intensities in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(7): 1259-66.
- Trost SG, Kerr LM, Ward DS, Pate RR. Physical activity and determinants of physical activity in obese and non-obese children. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001; 25(6): 822-9.
- Twisk JW.: Physical activity guidelines for children and adolescents: a critical review. *Sports Med.* 2001; 31(8): 617-27.
- Twisk JW, Kemper HC, van Mechelen W. The relationship between physical fitness and physical activity during adolescence and cardiovascular disease risk factors at adult age. The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Int J Sports Med.* 2002; 23 (S1): S8-14.
- Twisk JW, Kemper HC, van Mechelen W, Post GB. Tracking of risk factors for coronary heart disease over a 14-year period: a comparison between lifestyle and biologic risk factors with data from the Amsterdam Growth and Health Study. *Am J Epidemiol.* 1997; 145(10): 888-98.
- USDHHS- U.S. Department of Health and Human Services. Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996

- USDHHS – U.S. Department of Health and Human Services. Healthy People 2010. 2nd ed. Washington, DC: U.S. Dept. of Health and Human Services, 2000
- van Baak MA. Physical activity and energy balance. *Public Health Nutr.* 1999; 2(3A): 335-9.
- van Dale D, Schoffelen PF, ten Hoor F, Saris WH.: Effects of addition of exercise to energy restriction on 24-hour energy expenditure, sleeping metabolic rate and daily physical activity. *Eur J Clin Nutr.* 1989; 43(7):441-51.
- Van den Berg-Emons RJ, Saris WH, Westerterp KR, van Baak MA. Heart rate monitoring to assess energy expenditure in children with reduced physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28(4): 496-501.
- Vanhala MJ, Vanhala PT, Keinänen-Kiukaanniemi SM, Kumpusalo EA, Takala JK. Relative weight gain and obesity as a child predict metabolic syndrome as an adult. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1999; 23(6): 656-9.
- Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, Martens M, Huygens W, Troosters T, Beunen G. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2005; 12(2): 102-14.
- Vaz M, Karaolis N, Draper A, Shetty P. A compilation of energy costs of physical activities. *Public Health Nutr.* 2005; 8(7A): 1153-83.
- Vermorel M, Lazzer S, Bitar A, Ribeyre J, Montaurier C, Fellmann N, Coudert J, Meyer M, Boirie Y. Contributing factors and variability of energy expenditure in non-obese, obese, and post-obese adolescents. *Reprod Nutr Dev.* 2005; 45(2): 129-42.
- Verstraete SJ, Cardon GM, De Clercq DL, De Bourdeaudhuij IM. Increasing children's physical activity levels during recess periods in elementary schools: the effects of providing game equipment. *Eur J Public Health.* 2006; 16(4): 415-9.
- Wabitsch M. Adipositas bei Kindern und Jugendlichen. Aktuelle Empfehlungen zur Prävention und Therapie. *Internist* 2006; 47:130–140
- Wabitsch M (Hrsg.). Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005
- Wabitsch M, Kunze D. Adipositas im Kinders- und Jugendalter – Basisinformationen und Leitlinien für Diagnostik und Therapie. 2004. <http://www.a-g-a.de>. Letzter Zugriff 28.5.2006
- Wabitsch M, Kunze D, Keller E, Kiess W, Krohmeyer-Hausschild K: Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Fortsch der Medizin* 2002; 120: 99-106
- Wadden TA, Foster GD, Letizia KA. One-year behavioral treatment of obesity: comparison of moderate and severe caloric restriction and the effects of weight maintenance therapy. *J Consult Clin Psychol.* 1994; 62(1): 165-71.
- Wang GY, Pereira B, Mota J. Indoor physical education measured by heart rate monitor. A case study in Portugal. *J Sports Med Phys Fitness.* 2005; 45(2): 171-7.
- Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburi R. Principles of exercise testing and interpretation. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994
- Watts K, Beye P, Siafarikas A, Davis EA, Jones TW, O'Driscoll G, Green DJ. Exercise training normalizes vascular dysfunction and improves central adiposity in obese adolescents. *J Am Coll Cardiol.* 2004a; 43(10): 1823-7.
- Watts K, Beye P, Siafarikas A, O'Driscoll G, Jones TW, Davis EA, Green DJ. Effects of exercise training on vascular function in obese children. *J Pediatr.* 2004b; 144(5): 620-5
- Watts K, Jones TW, Davis EA, Green D. Exercise training in obese children and adolescents: current concepts. *Sports Med.* 2005; 35(5): 375-92.
- Wei M, Kampert JB, Barlow CE, Nichaman MZ, Gibbons LW, Paffenbarger RS Jr, Blair SN. Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA.* 1999; 282(16): 1547-53.
- Welk GJ, Corbin CB, Dale D. Measurement issues in the assessment of physical activity in children. *Res Q Exerc Sport.* 2000; 71(2S): S59-73.

- Welsman JR, Armstrong N, Withers S. Responses of young girls to two modes of aerobic training. *Br J Sports Med.* 1997; 31(2): 139-42.
- Weltärztebund. Ethische Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen. Deklaration des Weltärztebundes von Helsinki 1964, ergänzt von der 56. Generalversammlung des Weltärztebundes in Tokio 2004. www.bundesaerztekammer.de/30/Auslandsdienst/92Helsinki.pdf Letzter Zugriff 03.01.2005
- Westenhöfer J. So hilft Verhaltenstherapie beim Abnehmen. *MMW Fortschr Med.* 2001; 143(42): 43-5.
- Whitaker RC, Wright JA, Pepe MS, Seidel KD, Dietz WH. Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *N Engl J Med.* 1997; 337(13): 869-73.
- WHO - World Health Organisation. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. WHO Technical Report Series 894. 2000. <http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/en/index.html> Letzter Zugriff 23.03.2006
- WHO - World Health Organisation. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. The Joint WHO/FAO Expert Report, 2003 <http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/en/index.html> Letzter Zugriff 26.03.2006
- Wideman L, Stoudemire NM, Pass KA, McGinnes CL, Gaesser GA, Weltman A. Assessment of the aerosport TEEM 100 portable metabolic measurement system. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28(4): 509-15.
- Wilcoxon F, Wilcoxon RA. Some rapid approximate statistical procedure. Pearl River, New York: Lederle Laboratories, 1964
- Williams CA, Armstrong N, Powell J. Aerobic responses of prepubertal boys to two modes of training. *Br J Sports Med.* 2000; 34(3): 168-73.
- Williams CL, Hayman LL, Daniels SR, Robinson TN, Steinberger J, Paridon S, Bazzarre T. Cardiovascular health in childhood: A statement for health professionals from the Committee on Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in the Young (AHOY) of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, American Heart Association. *Circulation.* 2002; 106(1): 143-60.
- Wing RR, Jeffery RW, Burton LR, Thorson C, Nissinoff KS, Baxter JE. Food provision vs structured meal plans in the behavioral treatment of obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1996; 20(1): 56-62.
- Winett RA, Carpinelli RN. Examining the validity of exercise guidelines for the prevention of morbidity and all-cause mortality. *Ann Behav Med.* 2000; 22(3): 237-45.
- Withers RT, Gore CJ, Gass G, Hahn H : Determination of maximal oxygen consumption (VO_{2max}) or maximal aerobic power. In: Gore CJ (Ed.): *Physiological testing for elite athletes* (Australian Sports Commission). Champaign: Human Kinetics, 2000, 114-127
- Wolfarth B, Bray MS, Hagberg JM, Perusse L, Rauramaa R, Rivera MA, Roth SM, Rankinen T, Bouchard C. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2004 update. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37(6): 881-903.
- Wonisch M, Hofmann P, Pokan R, Kraxner W, Hödl R, Maier R, Watzinger N, Smekal G, Klein W, Fruhwald FM. Spiroergometrie in der Kardiologie – Grundlagen der Physiologie und Terminologie. *J Kardiologie.* 2003; 10: 383-390.
- Woo KS, Chook P, Yu CW, Sung RY, Qiao M, Leung SS, Lam CW, Metreweli C, Celermajer DS. Effects of diet and exercise on obesity-related vascular dysfunction in children. *Circulation.* 2004; 109(16): 1981-6.
- Woo R, Garrow JS, Pi-Sunyer FX. Effect of exercise on spontaneous calorie intake in obesity. *Am J Clin Nutr.* 1982; 36(3): 470-7.
- Wood PD, Stefanick ML, Williams PT, Haskell WL. The effects on plasma lipoproteins of a prudent weight-reducing diet, with or without exercise, in overweight men and women. *N Engl J Med.* 1991; 325(7): 461-6.
- Wright CC, Sim J. Intention-to-treat approach to data from randomized controlled trials: a sensitivity analysis. *J Clin Epidemiol.* 2003; 56(9): 833-42.

- Yoshida T, Ishiko I, Muraoka I. Effect of endurance training on cardiorespiratory functions of 5-year-old children. *Int J Sports Med.* 1980; 1: 91-4
- Zabinski MF, Saelens BE, Stein RI, Hayden-Wade HA, Wilfley DE. Overweight children's barriers to and support for physical activity. *Obes Res.* 2003; 11(2): 238-46.
- Zar JH. *Biostatistical analysis.* Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999
- Zubrängel S, Settertobulte W. Körpermasse und Ernährungsverhalten von Jugendlichen. In: Hurrelmann K, Klocke A, Melzer W, Ravens-Sieberger U. *Jugend-Gesundheitssurvey. Internationale Vergleichsstudie im Auftrag der Weltgesundheitsorganisation WHO.* Weinheim: Juventa, 2003, 159-182

Anhang I: Inhalte verschiedener Bewegungsangebote der pädiatrischen Adipositas therapie

Kleine Spiele

Fang- und Abschlagspiele, Staffeln mit Zusatzaufgaben, Völkerball, Brennball, Ball über die Schnur, Badminton. Ort: Sporthalle

Große Spiele

Basketball, Fußball oder Hockey. Ort: Sporthalle

Kräftigungsparcours

Zirkeltraining mit 8 Stationen in der Sporthalle. 30s Belastung, 30s Erholung

Station 1: Skippings auf einer Weichbodenmatte

Station 2: Sit-Ups für gerade und schräge Bauchmuskulatur

Station 3: Isometrische Beinstrecker-Kräftigung bei 90° Kniebeugung an eine Wand gelehnt

Station 4: Medizinballstoßen gegen eine Wand

Station 5: Kräftigung der oberer Rückenpartie in Bauchlage

Station 6: Step-Ups auf eine Bank

Station 7: Schräge Liegestütz an einer Wand

Station 8: „Fahrradfahren“ in Rückenlage

Fahrradergometrie

Gleichförmige, für alle Kinder vorgegebene Belastung mit 65 oder 85W bei einer Trittfrequenz von 60-90 Umdrehungen pro Minute

Schwimmen

Bahnenschwimmen in einer selbst gewählten Geschwindigkeit. Gefordert wurde eine gleichmäßige Belastungsgestaltung, einige Probanden pausierten aber hin und wieder kurz am Beckenrand.

Wasserspiele

Kleine Spiele im Wasser mit der ganzen Gruppe und Übungen und Spiele mit Partner.

Beispiele: Tauchspiele, Wasserball, Staffelschwimmen, Wasserbrennball, Wasserbasketball

Walking

Walking oder Wanderungen in der Stadt und im Gelände in einer vom Therapeuten oder Erzieher vorgegebenen Geschwindigkeit.

Anhang II: Manuskript „Validität herzfrequenzbasierter Energieverbrauchsberechnungen in der pädiatrischen Adipositas therapie“

**DEUTSCHE
ZEITSCHRIFT
FÜR SPORTMEDIZIN**

<http://www.zeitschrift-sportmedizin.de>

OFFIZIELLES ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR SPORTMEDIZIN UND PRÄVENTION
(DEUTSCHER SPORTÄRZTEBUND E.V.)
FORTBILDUNGSORGAN DES VERBANDES ÖSTERREICHISCHER SPORTÄRZTE

gelistet in:
Science Citation Index Expanded
Research Alert
Focus On: Sports Science & Medicine
Journal Citation Reports (Science Edition)

Prof. Dr. J. M. Steinacker - Medizinische Universitätsklinik - 89070 Ulm

Herrn
Christian Thiel
Institut für Sportwissenschaften/Sportmedizin
Universität Frankfurt/M.
Ginnheimer Str. 39
60487 Frankfurt/M.

Hauptschriftleiter:
Prof. Dr. med. J. M. Steinacker

Medizinische Klinik
Sektion Sport- und Rehabilitationsmedizin
Steinhövelstraße 9
89070 Ulm
Germany

Telefon: +49-731-500-26962
Telefax: +49-731-500-21579
e-mail: juergen.steinacker@medizin.uni-ulm.de
URL: <http://www.zeitschrift-sportmedizin.de>

Ulm, 14. März 2006
jst/ekr

V:\DZSM\Autoren\Thiel 38 2005 Anschreiben Revision 14032006.wpd

Manuskript Nr. 38/2005

Titel: „Validität herzfrequenzbasierter Energieverbrauchsberechnungen“

Autor: Thiel et al.

Sehr geehrter Herr Thiel,

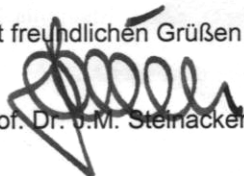
vielen Dank für die Übersendung Ihrer Originalarbeit, die wir zwei unabhängigen wissenschaftlichen Gutachtern zur Beurteilung übersendet haben. Sie finden die Gutachten zur Einsicht in der Anlage.

Beide Gutachter finden das Thema der Arbeit interessant und relevant für die „Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin“, haben aber noch einige detaillierte Anmerkungen, die den Gutachten entnommen werden können.

Wichtigster Kritikpunkt ist der Umfang, der für eine Originalarbeit deutlich zu hoch ist. Es wird einheitlich vorgeschlagen, sowohl die Einleitung als auch die Diskussion zu kürzen. Bitte konzentrieren Sie sich in Ihrer Diskussion besonders auf die Themen, die Ihre Arbeit betreffen und auf die Unterschiede zu diesem Punkt. Bitte führen Sie auch aus, wo Ihre Arbeit innovativ gegenüber anderen Arbeiten ist. Ein Kritikpunkt trifft auch die kleine Studiengruppe, die noch besser charakterisiert werden sollte. Unter dem Gesichtspunkt des Umfanges ist zu fragen, ob die Abbildung 2 unbedingt notwendig ist.

Insgesamt also würden wir Sie bitten, das Manuskript entsprechend der Vorgaben der Gutachter nochmals zu revidieren und zu kürzen. Wir würden Sie bitten, dieser Revision eine Punkt-für-Punkt-Stellungnahme beizufügen, aus der hervorgeht, wo und wie Sie das Manuskript revidiert haben. Eine Annahme des Manuskriptes wird erst nach Beurteilung der Revision möglich sein. Um die Bearbeitung des Manuskriptes zügig vorantreiben zu können, haben wir einen Termin für den Eingang Ihrer Revision in 3 Wochen vorgemerkt. Wir bedanken uns für Ihre Mühe mit der Revision.

Mit freundlichen Grüßen


Prof. Dr. J.M. Steinacker

Email

Von: Dzenana Kovacevic-Lorenz [dzenana.kovacevic-lorenz@uniklinik-ulm.de]
An: Christian Thiel
Gesendet: Do 19.10.2006 09:46

Betreff: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin - Ihr Manuskript Nr. 38 / 2005 - Revision

1. R E V I S I O N - ANNAHME
Ihr Manuskript Nr. 38/2005
Titel: "Validität herzfrequenzbasierter Energieverbrauchsberechnungen"

Sehr geehrter Herr Thiel,

vielen Dank für die Übersendung der Revision Ihrer Arbeit, die wir an die Gutachter zur weiteren Stellungnahme übersendet haben.

Wir haben zum jetzigen Zeitpunkt leider nur ein Gutachten vorliegen, wobei wir nunmehr das zweite Gutachten nicht abwarten wollen. Der Gutachter sieht, dass alle wesentlichen Anmerkungen in der Revision eingearbeitet wurden, und deshalb schlägt er die Annahme zur Publikation in der Deutschen Zeitschrift für Sportmedizin vor. Aus Sicht der Schriftleitung sind ebenfalls alle Voraussetzungen für die Publikation erfüllt. Wir nehmen deswegen Ihre Arbeit zur Publikation an.

Bitte senden Sie eine Datei mit der aktuellen Version der Arbeit an die Redaktion (e-Mail: dzenana.kovacevic-lorenz@uniklinik-ulm.de). Von dort aus wird die weitere redaktionelle Bearbeitung des Manuskriptes übernommen. Bitte bedenken Sie, dass Abbildungen in separaten bildadäquaten Dateiformaten, z.B. ppt, Corel Draw, jpeg, Word geliefert werden müssen.

Wir bemühen uns, das angenommene Manuskript in einer der nächsten Ausgaben zu publizieren; ein fester Termin kann aber nicht zugesagt werden. Druckfahnen müssen nach Erhalt innerhalb von 3 Tagen an die Redaktion zurückgesendet werden, ansonsten können Korrekturen unter Umständen nicht berücksichtigt werden.

Wir bedanken uns für die Einreichung des Manuskriptes und für die sorgfältige Durchführung der Revision und hoffen, dass Sie auch künftig bei Ihren Publikationen die "Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin" berücksichtigen werden.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. J.M. Steinacker
Hauptschriftleiter

i.A.
Dzenana Kovacevic-Lorenz
Sekretariat Prof. Steinacker/
Redaktion DZSM/Betriebswirtin (VWA)
Universitätsklinikum Ulm
Sektion Sport- und Rehabilitationsmedizin Steinhövelstr. 9 89070 Ulm
Tel.: 0731 500 45301
Fax: 0731 500 45303
e-Mail: dzenana.kovacevic-lorenz@uniklinik-ulm.de
<http://www.uni-ulm.de/sportmedizin>

Thiel Christian¹, Claußnitzer Gerd², Vogt Lutz¹, Banzer Winfried¹

¹Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main, Institut für Sportwissenschaften, Abteilung Sportmedizin

²medinet Spessart-Klinik, Bad Orb

Validität herzfrequenzbasierter Energieverbrauchsrechnungen in der pädiatrischen Adipositas therapie

Energy expenditure estimation by flex heart rate method in obese children

Kurztitel: Validität herzfrequenzbasierter Energieverbrauchsrechnungen

Christian Thiel, M.A.

Dr. med. Gerd Claußnitzer

PD Dr. phil. Lutz Vogt

Prof. Dr. med. Dr. phil. Winfried Banzer

Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main

Institut für Sportwissenschaften

Abteilung Sportmedizin

Christian Thiel, M.A. (wiss. Mitarbeiter)

Ginnheimer Landstraße 39

60487 Frankfurt/Main

e-mail: c.thiel@sport.uni-frankfurt.de

Tel: 069-798-24584

Fax: 069-798-24592

Wortzahl Gesamtarbeit: 2495

Wortzahl Zusammenfassung: 209 (deutsch) und 225 (englisch)

Zusammenfassung

Problemstellung: Zur Qualitätssicherung in der pädiatrischen Adipositas therapie und speziell der Bewertung der Wirksamkeit verschiedener Belastungsmodi ist eine präzise und ökonomische Erfassung des Energieumsatzes (EE) notwendig. Die herzfrequenzbasierte HF-Flex Methode zur Energieverbrauchsberechnung ist nicht-invasiv, kostengünstig und findet zunehmend Anwendung in Feldstudien. Die vorliegende Studie untersucht die Validität der HF-Flex Methode im Vergleich mit indirekter Kalorimetrie bei Kindern in der stationären Adipositas therapie. **Methoden:** In einem Vortest wurde bei 12 adipösen Kindern (12,9±1,8 Jahre, BMI 30,6±3,9 kg/m², VO_{2max} 29,8±4,5 ml/(kg*min)) ohne Komorbidität der individuelle Zusammenhang zwischen HF und EE bei einer Ruhemessung sowie einem modifizierten Bruce-Protokoll auf dem Laufband ermittelt. Bei verschiedenen bewegungstherapeutischen Angeboten im Rahmen der 4wöchigen Komplextherapie wurde der EE mittels indirekter Kalorimetrie erfasst (EE_{IndKal}) und mit dem HF-Flex basierten EE (EE_{HF-Flex}) verglichen. **Resultate:** Verglichen mit EE_{IndKal} betrug die durchschnittliche Abweichung von EE_{HF-Flex} für den 6 Minuten-Lauftest, Ballspiele, Fahrradergometer (65 W) und einen Kraftzirkel +3,6±15,4%, +9,4±16,1%, +14,7±20,1% respektive +28,1±27,8%. Der Pearson Korrelationskoeffizient für den Zusammenhang EE_{IndKal}-EE_{HF-Flex} lag zwischen r=0,92 (p<0,001) (6 Minuten-Lauf) und r=0,76 (p=0,01) (Kräftigungszirkel). **Diskussion:** Die Validität der HF-Flex Methode hängt bei adipösen Kindern vom Belastungsmodus ab. Bei Übereinstimmung von Kalibrierungs- und Erhebungsaktivität erlaubt die HF-Flex-Methode eine Einschätzung des Energieverbrauchs auf Gruppenebene. Bei intermittierenden Belastungen und Kräftigungsübungen wird der EE überschätzt. Für individuelle Aussagen ist das Verfahren ungeeignet.

Keywords: Validität, HF-Flex Methode, Energieverbrauch, Adipositas, Kinder

Summary

Objective: Accurate and economic measurement of energy expenditure (EE) is necessary to assess the effects of pediatric obesity therapy and its various modes of exercise. Flex heart rate (HR) monitoring, increasingly used in field studies, is a non-invasive, inexpensive method to predict EE from HR. This study validated the flex HR method against indirect calorimetry in children attending a stationary 4-week obesity therapy. **Methods:** According to the flex HR method, HR-EE relationships were obtained in 12 obese children without comorbidities (12.9±1.8 years, BMI 30.6±3.9 kg/m², VO_{2max} 29.8±4.5 ml/(kg*min)). Individual calibration and flex HR point definition were based on simultaneous recordings of VO₂ and HR during three resting modes and a modified Bruce treadmill protocol. Five characteristic exercise therapy programs were selected for field-test validation. There, EE was assessed by indirect calorimetry (EE_{IndKal}) and compared to the flex HR based EE estimate (EE_{HF-Flex}). **Results:** Mean differences between EE_{HF-Flex} and EE_{IndKal} for 6 minute running test, ball games, cycle ergometry (65 W) and strength/stability circuit were +3.6±15.4%, +9.4±16.1%, +14.7± 20.1% and +28.1±27.8%, respectively. Pearson's correlation coefficients ranged from r=0.92 (running; p<0.001) to r=0.76 (strength/stability circuit, p=0.01). **Discussion:** The validity of EE_{HF-Flex} in obese children

depends largely upon exercise mode. If calibration and field test activity correspond, the flex HR method provides a satisfactory estimate of group EE. The method overestimates actual EE in intermittent or strength-related exercises.

Keywords: Validity, flex heart rate, energy expenditure, obesity, children

Einführung

Übergewicht und Adipositas stellen bei Heranwachsenden ein Gesundheitsproblem mit rapide wachsendem Ausmaß dar. In Deutschland hat sich die Prävalenz von Adipositas bei Kindern in den letzten 20 Jahren erhöht und liegt aktuell zwischen 5 und 8% (23).

Im Rahmen multimodaler Therapieansätze werden unter anderem körperlicher Aktivität und Sport aufgrund der Auslösung metabolischer, kardiorespiratorischer und psychischer Effekte große Bedeutung zugeschrieben. Gemessen an Kriterien der evidenzbasierten Medizin ist allerdings die Wirksamkeit gängiger Konzepte zur Bewegungsintervention in der Rehabilitation adipöser Kinder und Jugendlicher nicht hinreichend belegt (6,20). Insbesondere ist nicht bekannt, in welcher Ausprägung Faktoren wie Art, Umfang und Intensität zur individuell bestmöglichen Wirkung eines Bewegungsprogramms beitragen.

Objektive Erfassungen des therapeutisch indizierten Energiemehrverbrauchs und des individuellen Beanspruchungsgrads helfen, bestehende Therapieprogramme zu evaluieren, geeignete Sport- und Bewegungsformen für zukünftige Interventionsformen zu identifizieren und zu entwickeln, sowie die Qualität spezifischer Bewegungstherapieprogramme zu sichern (2,16,22).

Neben teilweise erheblichen Rückwirkungen auf Probanden und hohen Anschaffungs- oder Betriebskosten sind Methoden wie doppelt stabil markiertes Wasser, direkte und indirekte Kalorimetrie durch eine beschränkte Eignung für Gruppenmessungen in Feldstudien gekennzeichnet oder erlauben keine minütliche Erfassung des Energieumsatzes (10,22). Diese Einschränkung gilt nicht für Herzfrequenz (HF) Monitoring, welches jedoch keine Einschätzung des individuellen Bewegungsverhaltens gestattet.

Während körperlicher Aktivität weisen HF und VO_2 einen linearen Zusammenhang auf. Ist diese Beziehung für ein Individuum bekannt, kann auf Basis von HF Aufzeichnungen die Sauerstoffaufnahme und folglich auch der Energieumsatz bei Messungen im Feld berechnet werden. Die fehlende Linearität der HF- VO_2 Relation in Ruhe macht dabei die individuelle Definition einer Herzfrequenz erforderlich, welche zwischen Ruhe- und Belastungsbereich diskriminiert (HF-Flex Punkt). Die HF-Flex Methode als spezielle Variante des HF Monitoring ist ökonomisch, weist eine geringe Rückwirkung auf und ist für die Messung von Gruppen im Feld geeignet (3,8,9,11,12, 18). Für eine Evaluation von Bewegungsverhalten und Bewegungsangeboten in der pädiatrischen Adipositas therapie ist sie jedoch nicht validiert. Ziel der vorliegenden Studie ist die vergleichende Untersuchung herzfrequenzbasierter und atemgasanalytischer Energieumsatzbestimmungen bei verschiedenen Formen der Sport- und Bewegungstherapie bei adipösen Kindern. Anders als bisher veröffentlichte Studien, die den Tagesenergieumsatz erheben (3,8,9,11,12,18), erlaubt diese

Vorgehensweise erstmalig einen zielgruppenspezifischen Vergleich der Effektivität verschiedener Sportarten und unterschiedlicher didaktisch-methodischer Herangehensweisen.

Methodik

Stichprobe

An der Studie nahmen 12 adipöse Kinder (6 männlich, 6 weiblich, $12,9 \pm 1,8$ Jahre, BMI $30,6 \pm 3,9$ kg/m²) ohne Komorbidität in der zweiten Woche einer 4-6wöchigen stationären Komplextherapie in der medinet Spessartklinik Bad Orb teil. Alle Kinder hatten bereits erfolglos ambulante Therapieprogramme absolviert und wiesen vor Beginn der stationären Therapie ein reduziertes Bewegungsverhalten auf. Die Teilnehmer und deren Erziehungsberechtigte gaben ihre schriftliche Einverständniserklärung zu der Untersuchung, die von der Ethik-Kommission des Universitätsklinikums Frankfurt als berufsethisch und berufsrechtlich unbedenklich eingestuft wurde.

HF-Flex Vortest

Der HF-Flex Vortest ermittelte für jeden Probanden individuell unter standardisierten Belastungsbedingungen im Labor den Zusammenhang zwischen VO₂ und HF (1,12,19). Der Test erfolgte mindestens 4 h nach der letzten körperlichen Belastung und 2 h postprandial. Direkt vor Beginn der Messung verbrachten die Probanden 5 Minuten in Rückenlage.

Die Herzfrequenz sowie VO₂ und VCO₂ wurden mittels indirekter Kalorimetrie kontinuierlich und synchron in 5s-Intervallen erfasst (Oxycon Mobile, Viasys Healthcare GmbH, Würzburg, mit Polar T61-Gurt, Polar Electro GmbH, Büttelborn). Das Atemgasanalyzesystem wurde zuvor anhand von Umgebungsluft und Prüfgas (5% CO₂, 16% O₂) kalibriert. Eine flexible Gesichtsmaske mit bidirektionaler Turbine zur opto-elektronischen Atemvolumenerfassung bedeckte Mund und Nase des Probanden. Atemgase wurden per Absaugstrecke an die portable Analyseeinheit geleitet. Die Signale wurden telemetrisch übertragen und zur offline Analyse über 5 Sekunden gemittelt digital gespeichert.

Der erste Teil des HF-Flex Vortests diente der synchronen Ermittlung von HF und VO₂ in relativer Ruhe (3 Minuten Rückenlage, 2 Minuten Sitzen, 1 Minute Stehen) (11). Im zweiten Teil des Vortests folgte mit dem modifizierten Bruce-Protokoll (7) ein standardisierter Belastungstest auf dem Laufbandergometer (Tunturi J6F, Tunturi Oy Ltd., Turku/Finnland). Die initiale Belastung von 1 km/h bei 6% Steigung wurde alle drei Minuten progredient bis zur subjektiven Erschöpfung gesteigert (1,8 km/h bei 8% - 2,7 km/h bei 10% - 4,0 km/h bei 12% - 5,5 km/h bei 14% - 6,8 km/h bei 16%).

Ermittlung der individuellen HF-VO₂-Relation

Der HF-Flex Punkt (HF_{Flex}), definiert als Mittelwert aus der höchsten HF in Ruhe und der niedrigsten HF unter Belastung (12), dient zur Diskriminierung zwischen Ruhe- und Belastungsbereich. Oberhalb von HF_{Flex} weist die individuelle HF-VO₂ Relation im Vortest einen linearen Zusammenhang auf (Abb 1.) Um steady state Bedingungen zu reflektieren, geht jeweils nur die letzte Minute einer Belastungsstufe in die Regression ein.

Zur herzfrequenzbasierten VO_2 -Ermittlung im Feld wird bei einer HF kleiner als HF_{Flex} der Ruhe- VO_2 , bei einer HF größer als HF_{Flex} der HF- VO_2 Regressionskoeffizient herangezogen (11).

Validierung in der Therapiestunde

Im Abstand von 72h nach dem HF-Flex Vortest erfolgten synchrone Aufzeichnungen von Messgrößen der Atemgasanalyse sowie der Herzfrequenz in fünf als repräsentativ ausgewählten Therapieangeboten (Fahrradergometer mit 65 und 85W, Ballspiel in der Halle, Kräftigungszirkel und 6 Minuten-Lauf). Die Stunde wurde so geleitet, dass es zu einer möglichst geringen Rückwirkung auf die Probanden kam. Zur Analyse wurden für jede Belastungsform charakteristische Signalabschnitte mit einer Mindestdauer von 3 min herangezogen. Zur Auswertung kamen ausschließlich artefaktfreie Datensätze nach blickdiagnostischer Kontrolle.

Die HF Aufzeichnung wurde im Weiteren zur indirekten VO_2 Bestimmung benutzt. Bei einer HF unter dem HF-Flex Punkt wurde die gemittelte VO_2 aus den drei Vortest-Ruhebedingungen Liegen, Sitzen und Stehen herangezogen, bei einer höheren HF wurde die im Vortest ermittelte individuelle Regression zur Berechnung der Sauerstoffaufnahme verwendet.

Die für die ausgewählten Therapieabschnitte auf Basis des HF Monitoring errechneten bzw. mittels indirekter Kalorimetrie gemessenen VO_2 Werte wurden unter Verwendung eines einheitlichen kalorischen Äquivalents von 20,3 KJ/l O_2 in die Einheit KJ/min umgerechnet.

Statistische Datenverarbeitung

Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0.05$ festgesetzt. Nach Prüfung der Testvoraussetzungen wurde zur Ermittlung des linearen Zusammenhangs zwischen $\text{EE}_{\text{IndKal}}$ und $\text{EE}_{\text{HF-Flex}}$ der Pearson Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient verwendet. Als weiteres Maß für die Validität der HF-Flex Methode wurde das Vergleichbarkeitskriterium nach Bland und Altman (4) herangezogen. Beurteilt wird neben der gruppendurchschnittlichen Differenz zweier Methoden (Bias) das Verhältnis der individuell berechneten Differenzen beider Messungen zu deren Mittelwert. Die Methoden sind dann vergleichbar, wenn die limits of agreement (gruppendurchschnittliche Differenz \pm doppelte Standardabweichung der Individualdifferenzen) in einem klinisch akzeptablen Bereich liegen.

Ergebnisse

Die Probanden absolvierten im Vortest zwischen 4,5 und 6 Stufen und wiesen im arithmetischen Mittel eine Peak-Sauerstoffaufnahme von $29,8 \pm 4,5 \text{ ml}/(\text{kg} \cdot \text{min})$ auf. Der durchschnittliche Energieumsatz bei verschiedenen Sportarten in Abhängigkeit der Messmethode ist in Tab. 1 dargestellt.

Der Bereich der geringsten Individualdifferenz zwischen beiden Bestimmungsmethoden fand sich beim 6 Minuten-Lauf und beim Ballspiel (-18,2 % bis +31,7 % bzw. -18,6 % bis +31,8 %), der größte mit -24,2 % bis +71,0 % beim Kräftigungszirkel. Der Pearson Korrelationskoeffizient wies für den 6 Minuten-Lauftest ($r=0,923$; $p < 0,001$) den höchsten, für den Kräftigungszirkel ($r=0,764$; $p=0,01$) den niedrigsten linearen Zusammenhang auf.

Anhand der Offset-Verschiebung der Mittelwerts-Differenzen dokumentieren die Bland und Altman Plots abhängig von der Bewegungsform eine unterschiedlich stark ausgeprägte Überschätzung des tatsächlichen Energieverbrauchs (Abb. 2). Die limits of agreement liegen zwischen +11,5 und -6,2 KJ/min (Ballspiel) und +19,7 und -6,6 KJ/min (Kräftigungszirkel).

Diskussion

Die vorliegende Untersuchung zeigt erstmalig bei adipösen Kindern, dass regressionsanalytisch berechneter und per Atemgasanalyse gemessener Energieverbrauch in Abhängigkeit der untersuchten Belastungsform unterschiedlich stark voneinander abweichen.

Beim 6 Minuten-Lauf und beim Ballspielen weist die HF-Flex Methode im Gruppenmittel akzeptable Abweichungen zwischen 3-9% auf. Die auf dem Laufband gewonnene HF-VO₂ Regression ist jedoch als weniger repräsentativ für Belastungen auf dem Fahrradergometer (+20,9±21,2% bei 80W) oder dem Kräftigungszirkel (+28,1±27,8%) zu bewerten. Beim Kräftigungszirkel spielt neben der Beteiligung anderer Muskelgruppen und der zum Teil statischen Arbeitsform möglicherweise auch der schnelle Belastungs-Erholungs-Wechsel eine Rolle. Fällt die Belastungsintensität in den Pausen abrupt ab, sinkt die HF wesentlich langsamer als die VO₂ und bedingt rechnerisch einen für längere Zeit erhöhten Energieumsatz (1).

Anders als bei Studien, welche über einen Zeitraum von mindestens 24h bei Erwachsenen Abweichungen im Gruppenmittel zwischen -1 und +17% und individuelle Abweichungen von -22 bis +52% zwischen EE_{HF-Flex} und Referenzmethoden ermittelten (9,12,18), scheint die Lage des HF-Flex Punktes in der vorliegenden Untersuchung aufgrund der höheren Belastungsintensität das Ergebnis nicht nachhaltig zu beeinflussen. Vernachlässigbar erscheint die Tatsache, dass EE_{IndKal} und EE_{HF-Flex} jeweils mit einem fixen kalorischen Äquivalent berechnet wurden (Nichtberücksichtigung des excess-CO₂), da sich Differenzen zwischen angenommenem und tatsächlichem kalorischen Äquivalent beim Methodenvergleich herauskürzen.

Beim Tagesenergieverbrauch von Kindern fanden Livingstone et al. -3,2±9,6%, Bitar et al. +7,6±20,1% und Treuth et al. +5±7% Abweichung (3,11,21). Die zum Teil hohen Standardabweichungen lassen auf große Zwischenpersonenunterschiede schließen, die als Spannweite ausgedrückt mit den in der vorliegenden Erhebung bei einzelnen Belastungsformen gefundenen individuellen Abweichungen korrespondieren. Maffei et al. berichten von einer schlechteren Übereinstimmung von DLW- und HF-Flex bestimmtem Energieverbrauch bei adipösen Kindern als bei Normalgewichtigen gleichen Alters (14).

95% der individuellen EE_{HF-Flex}-EE_{IndKal} Differenzen (limits of agreement nach Bland und Altman) (4) liegen zwischen +11,5 und -6,2 KJ/min (Ballspiel) bzw. +19,7 und -6,6 KJ/min (Kräftigungszirkel). Die vorliegende Erhebung bestätigt somit, dass herzfrequenzbasierte Energieumsatzberechnungen keine zuverlässige Grundlage für individuelle Analysen bieten (3,8,9,11,12,18). Dies liegt auch an der hohen biologischen Variabilität der HF-VO₂ Beziehung unter Belastung mit intraindividuellen Schwankungen von bis zu 24% in 24h (15). Neben Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und physiologischen Faktoren wie kardiovaskulärer Drift und Hydratation ist speziell bei Kindern mit

Einflüssen durch die Laborsituation auf die HF zu rechnen (1). Beeinflussungen und Gewöhnungseffekte beim Tragen der Atemgasmaske sind ebenfalls nicht vollständig auszuschließen.

Intervallartige Belastungen im Vortest oder die Einbeziehung der Erholungsphase in die Zuordnungsvorschrift der kardiovaskulären Dynamik während der Erhebung könnten Übertragbarkeit und Aussagekraft des Prädiktionsmodells speziell bei komplexen Abfolgen spontaner Alltagshandlungen von Kindern erhöhen. Lange Kalibrierungsprozeduren stellen aber gerade für Kinder und Jugendliche eine unnötige zeitliche und psychophysische Belastung dar, ohne die Vorhersage wesentlich zu verbessern (13). Eine zu große Bandbreite unterschiedlicher Kalibrierungsaktivitäten beeinträchtigt zudem das Bestimmtheitsmaß der gewonnenen HF-VO₂ Regressionsgleichung.

Zukünftig erscheinen Verfahrenskombinationen von HF-Monitoring und Beschleunigungsmessung vielversprechend (5). Es besteht Klärungsbedarf, inwiefern kalibrierungsfordernde Zuordnungsvorschriften wie die HF-Flex Methode einer Erfassung der Belastungsintensität in Prozent der Herzfrequenzreserve oder der Ermittlung der rein herzfrequenzbasierten Tagesaktivität (Quotient aus 24-h Herzfrequenz und Ruheherzfrequenz) auch bei kleineren Stichproben überlegen sind (17).

Fazit: Die HF-Flex Methode ist nicht für die individuelle, sondern nur für die gruppenschnittliche Erfassung des bewegungsinduzierten Energieumsatzes adipöser Kinder geeignet, und zudem nur dann valide, wenn sich Kalibrierungs- und Erhebungsaktivität entsprechen.

Literatur

- (1) Achten J, Jeukendrup AE: Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med.* 33 (2003) 517-38.
- (2) Ainslie PN, Reilly T, Westerterp KR: Estimating human energy expenditure. *Sports Med* 33 (2003) 683-698.
- (3) Bitar A, Vermorel M, Fellmann N, Bedu M, Chamoux A, Coudert J: Heart rate recording method validated by whole body indirect calorimetry in 10-yr-old children. *J Appl Physiol.* 81 (1996) 1169-73.
- (4) Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1 (1986) 307-310.
- (5) Brage S, Brage N, Franks PW, Ekelund U, Wong MY, Andersen LB, Froberg K, Wareham NJ: Branched equation modeling of simultaneous accelerometry and heart rate monitoring improves estimate of directly measured physical activity energy expenditure. *J Appl Physiol.* 96 (2004) 343-351.
- (6) Böhler T Alex C Becker E Becker R Hoffmann S Hutzler D Jung C Lauferweiler-Lochmann F Radu C: Qualitätskriterien für ambulante Schulungsprogramme für übergewichtige und adipöse Kinder und Jugendliche. *Gesundheitswesen* 66 (2004) 748-753.
- (7) Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D: Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal* 85 (1973) 546-562.
- (8) Dauncey MJ, James WPT: Assessment of the heart-rate method for determining energy expenditure in man, using a whole-body calorimeter. *Br J Nutr* 42 (1979) 1-13.
- (9) Davidson L McNeill G Haggarty P Smith JS Franklin MF: Free-living energy expenditure of adult men assessed by continuous heart-rate monitoring and doubly-labelled water. *British Journal of Nutrition* 78 (1997) 695-708.
- (10) Goran MI: Measurement issues related to studies of childhood obesity: assessment of body composition, body fat distribution, physical activity, and food intake. *Pediatrics* 101 (1998) 505-518.
- (11) Livingstone MB, Coward WA, Prentice AM, Davies PS, Strain JJ, McKenna PG, Mahoney CA, White JA, Stewart CM, Kerr MJ: Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labeled water (2H₂(18)O) method. *Am J Clin Nutr.* 56 (1992) 343-352.
- (12) Livingstone MB, Prentice AM, Coward WA, Ceesay SM, Strain JJ, McKenna PG, Nevin GB, Barker ME, Hickey RJ: Simultaneous measurement of free-living energy expenditure by the doubly-labelled water method and heart-rate monitoring. *Am J Clin Nutr* 52 (1990) 59-65

- (13) Livingstone MB, Robson PJ, Totton M: Energy expenditure by heart rate in children: an evaluation of calibration techniques. *Med Sci Sports Exerc* 32 (2000) 1513-1519.
- (14) Maffeis C, Pinelli L, Zaffanello M, Schena F, Iacumin P, Schutz Y: Daily energy expenditure in free-living conditions in obese and non-obese children: comparison of doubly labelled water (2H₂(18)O) method and heart-rate monitoring. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 19(1995) 671-677.
- (15) McCrory MA, Mole PA, Nommsen-Rivers LA, Dewey KG: Between-day and within-day variability in the relation between heart rate and oxygen consumption: effect on the estimation of energy expenditure by heart-rate monitoring. *Am J Clin Nutr.* 66 (1997) Jul 18-25
- (16) Reinehr T, Wollenhaupt A, Chahda C, Kersting M, Andler W: Ambulante Adipositas schulungen im Kindesalter. Vergleichskriterien zur Entwicklung validierter Behandlungsempfehlungen. *Klin Pädiatr* 214 (2002) 83-88.
- (17) Schutz Y, Weinsier RL, Hunter GR: Assessment of free-living physical activity in humans: an overview of currently available and proposed new measures. *Obes Res.* 9 (2001) 368-379
- (18) Spurr GB, Prentice AM, Murgatroyd PR, Goldberg GR, Reina JC, Christman NT: Energy expenditure from minute-by-minute heart-rate recording: comparison with indirect calorimetry. *Am J Clin Nutr* 48 (1988), 552-559
- (19) Strath SJ, Swartz AM, Bassett Jr. DR, O'Brien WL, King GA, Ainsworth BE: Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 32 (2000) S456-S470
- (20) Summerbell CD, Ashton V, Campbell KJ, Edmunds L, Kelly S, Waters E: Interventions for treating obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev.* (2003) CD001872
- (21) Treuth MS, Adolph AL, Butte NF: Energy expenditure in children predicted from heart rate and activity calibrated against respiration calorimetry. *Am J Physiol* 275 (Endocrinol. Metab. 38) (1998) E12-18
- (22) Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, Martens M, Huygens W, Troosters T, Beunen G: How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 12 (2005) 2, 102-14
- (23) Wabitsch M, Kunze D, Keller E, Kiess W, Krohmeyer-Hausschild K: Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Fortsch der Medizin* 120 (2002) 99-106

Anlagen

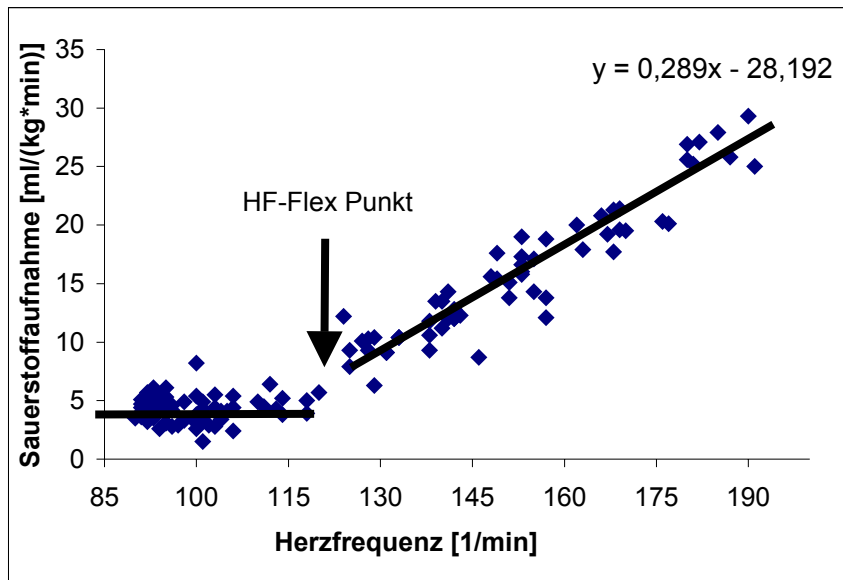
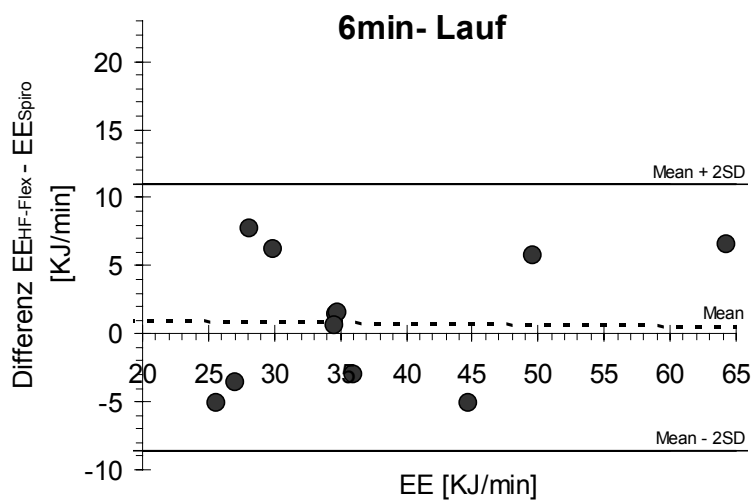


Abbildung 1: Typische HF-VO₂ Relation beim HF-Flex Vortest. Die Linien kennzeichnen Ruhe-VO₂ Durchschnittswert bzw. Belastungs- HF-VO₂ Regression.



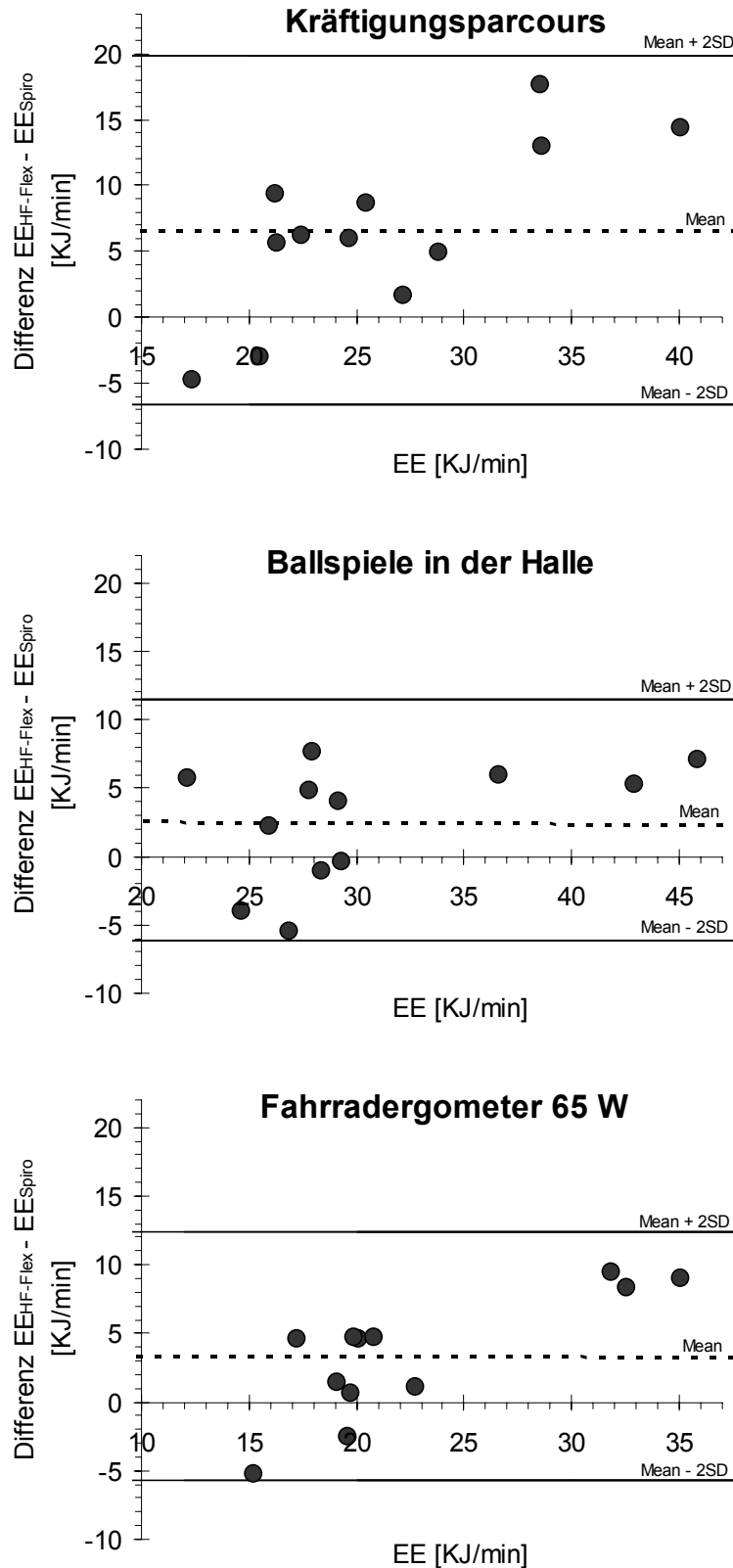


Abbildung 2: Bland- und Altman Plots der Differenzen zwischen atemgasanalytisch (EE_{IndKal}) und herzfrequenzbasiert ($EE_{HF-Flex}$) ermitteltem Energieverbrauch (EE) bei unterschiedlichen Belastungsformen in der pädiatrischen Adipositas therapie. Gestrichelte Linie: Mittlere Differenz zwischen $EE_{HF-Flex}$ und EE_{IndKal} . Durchgezogene Linien: Limits of agreement (doppelte Standardabweichung der Differenzen um die Abweichung der Mittelwerte)

	EE_{IndKai} [KJ/min]	EE_{HF-Flex} [KJ/min]	Differenz [%]
Fahrradergometer 65W	21,13 ± 4,96	24,51 ± 8,43	+ 14,66 ± 20,05
Fahrradergometer 80W	25,40 ± 5,03	30,98 ± 9,62	+ 20,91 ± 21,21
Ballspiel	28,31 ± 6,62	31,96 ± 8,51	+ 9,42 ± 16,1
Kräftigungszirkel	23,05 ± 4,58	29,68 ± 9,43	+ 28,10 ± 27,76
6 Minuten-Lauftest	36,61 ± 11,00	37,80 ± 12,60	+ 3,56 ± 15,40

Tabelle 1: Atemgasanalytisch (EE_{IndKai}) und herzfrequenzbasiert erhobener Energieverbrauch (EE_{HF-Flex}). Mittelwert ± Standardabweichung, prozentuale Differenz.

Anhang III: Fragebogen zur Erhebung individueller Präferenzen

medinet Spessartklinik Bad Orb; JWGU Frankfurt, Abt. Sportmedizin

Dein Name ist _____ Das heutige Datum _____

Lieber Studienteilnehmer,

in den letzten Wochen hast Du viele verschiedene Sportarten gemacht. Wir würden nun gerne von Dir wissen, wie gut Dir die einzelnen Sportarten gefallen haben.

Deshalb bitten wir Dich, dass Du die Sportarten in eine Reihenfolge bringst.

Vor die Sportart, die Du hier in Bad Orb am liebsten gemacht hast, schreibst Du eine „Eins“. Die Sportart die Du am zweitliebsten gemacht hast kriegt eine „Zwei“, und so weiter. Die Sportart, die Du am wenigsten mochtest, kriegt also die Nummer „Sieben“. Wenn Du zwei Sportarten gleich gerne magst, kannst Du ihnen die gleiche Nummer geben.

	Spiele im Wasser (Tauchspiele, Staffeln, Wasser-Brennball)
	Schwimmen in Bahnen
	Große Spiele wie Basketball, Fußball, Hockey
	Kleine Spiele in der Halle wie Fang- und Abschlagsspiele, Staffeln mit Zusatzaufgaben, Völkerball, Brennball, Ball über die Schnur, Badminton
	Walking oder Wanderungen
	Fahrradergometer Training
	Kräftigungszirkel in der Halle

Wenn Du noch einmal eine Therapie zum Abnehmen machen würdest, welche Sportarten würdest Du Dir dann vor allem wünschen? (Du kannst auch Sportarten angeben, die hier nicht aufgeführt sind!)

Und welche Sportarten würdest Du dann auf keinen Fall machen wollen? (Du kannst auch Sportarten angeben, die hier nicht aufgeführt sind!)

Vielen Dank für Deine Mithilfe!

Anhang IV: Exemplarisches Bewegungstherapie-Protokoll

Zeit min:sec	Aktivität der Gruppe	Bemerkungen zum Probanden
	<i>Ort: Schwimmhalle, Datum/Zeit: 14. Dez., 10 Uhr. Therapieplan: Schwimmen/Wasserspiele</i>	<i>Proband: 6 Uhr Nr.: 3</i>
00:00	Offizieller Start der Übungsstunde: 10 Uhr	Start Aufzeichnung Polar Uhr
02:15	Gruppe ist vollzählig (N=15), Begrüßung	
03:45	15 Minuten Bahnenschwimmen (quer) im selbst gewählten Tempo	schwimmt ausschließlich Brust
12:30		unregelmäßige Pausen am Beckenrand von 10-30 Sekunden Dauer
18:45	Therapeut ruft Gruppe zusammen, kündigt nächstes Spiel an: Mannschafts-Ringetauchen	
19:45	Tauchspiel startet	beteiligt sich sehr aktiv
24:00	Unterbrechung, taktischer Hinweis	
25:00	Fortsetzung Tauchspiel	
32:15	Therapeut ruft Gruppe zusammen, erklärt Wasser-Brennball	
34:00	Spiel startet	Ist zuerst auf der Läuferposition
40:45	Mannschaften wechseln die Positionen	Erste 2 min Brennmeister, dann im Feld
47:15	Stundenende	Ende Aufzeichnung Polar Uhr

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Zusammenfassung von 209 Studien zur langfristigen Entwicklung der Prävalenz von Übergewicht bei 6-18jährigen Kindern in sieben Ländern, basierend auf den internationalen BMI Cut-Offs von Cole et al. 2000 (AUS: Australien; CAN: Kanada; ESP: Spanien; FIN: Finnland; UK: Großbritannien; JAP: Japan) (Ridley 2005).....	5
Diagramm 2: Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität (Selbstbericht) [Harvard Alumnus Health Study (Harvard Alumni), Multiple Risk Factor Intervention Trial (MRFIT), and British Civil Servants Health Study (Civil Servants)] oder kardiorespiratorischer Kapazität [Aerobics Center Longitudinal Study (ACLS) and Lipid Research Clinics Mortality Follow-up Study (LRC)] und kardiovaskulärer Mortalität in 5 großen prospektiven Studien (Pate et al. 1995, Blair et al. 2004).	9
Diagramm 3: Hypothetische Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen körperlicher Aktivität und Gesundheit. (a) lineare Beziehung, (b) quadratische Funktion der Form $y = x^n$ bei $n > 1$, (c) Wurfelfunktion der Form $y = x^n$ bei $n < 1$, (d) S-förmige Kurve (Twisk 2001) ..	18
Diagramm 4: Tracking von Bewegungsverhalten: Zusammenfassung von Studienergebnissen zur altersbezogenen Korrelation körperlicher Aktivität (Malina 2001a)	24
Diagramm 5: Typische HF-VO ₂ Relation beim HF-Flex Eingangstest. Die Linien kennzeichnen die mittlere Ruhe-VO ₂ und die Belastungs- HF-VO ₂ Regression.	47
Diagramm 6: Exemplarischer Herzfrequenz-Verlauf bei einer Therapieeinheit im Schwimmbad	49
Diagramm 7: Beanspruchungsprofil einer Woche stationärer sport- und bewegungstherapeutischer Intervention adipöser Kinder. Median und absolute Mediandeviation (MAD).	55
Diagramm 8: Boxplots des Energieumsatzes bei unterschiedlichen Bewegungsformen in der Sporttherapie. Die Box entspricht dem Interquartilbereich (IQR) mit dem Median als Balken. Die feinen horizontalen Linien (Whiskers) geben den minimalen bzw. maximalen Wert an. Ausreißer (Abstand zur Box mehr als der 1,5fache IQR) werden unter Angabe der Probandennummer separat als kleiner Kreis angezeigt.....	57

Diagramm 9: Boxplots der Belastungsintensität bei unterschiedlichen Formen der Sport- und Bewegungstherapie. Ausreißer werden unter Angabe der Probandennummer separat als kleiner Kreis angezeigt.	58
Diagramm 10: Boxplots des Anteils moderater und intensiver Intensität (MVPA, definiert als Intensität > 40%VO _{2R}) bei unterschiedlichen Belastungsformen in der Sport- und Bewegungstherapie. Ausreißer und Extremwerte (Abstand zur Box >1,5-, respektive 3facher IQR) werden unter Angabe der Probandennummer separat als kleiner Kreis, respektive Stern angezeigt.	58
Diagramm 11: Medianwerte der Intensität untersuchter Bewegungsangebote der juvenilen Adipositasstherapie mit einer breit gestreuten Beanspruchungsverteilung. Die Kurtosis der Verteilungskurve ist in Klammern hinter dem Bewegungsangebot angegeben.	59
Diagramm 12: Medianwerte der Intensität untersuchter Bewegungsangebote der juvenilen Adipositasstherapie mit einer geringen Streuung der Beanspruchung. Die Kurtosis der Verteilungskurve ist in Klammern hinter dem Bewegungsangebot angegeben.	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation der Intensität körperlicher Belastung bei Kindern und Jugendlichen (modifiziert nach ACSM 2000, Pollock et al. 1998, Pate et al. 1995, Pate et al. 1998). VO _{2R} : Sauerstoffaufnahmereserve; HRR: Herzfrequenzreserve; MET: metabolic equivalents; RPE: rating of perceived exertion.....	16
Tabelle 2: Modifiziertes Bruce-Protokoll im HF-Flex Eingangstest (Bruce 1973).....	45
Tabelle 3: Vergleich zwischen Probanden mit vollständigen und mit unvollständigen Datensätzen. Mittelwert ± Standardabweichung.	53
Tabelle 4: Anthropometrische Daten und Ergebnisse des HF-Flex Eingangstests zur Ermittlung der individuellen HF-VO ₂ Relation. Mittelwert ± Standardabweichung, 95% Konfidenzintervall	54
Tabelle 5: Energieumsatz (EE), intraindividuellem Variationskoeffizient (CV) des EE innerhalb einer Therapieeinheit, Belastungsintensität, Anteil moderater und intensiver Belastung (MVPA) und metabolisches Äquivalent (MET) bei unterschiedlichen Bewegungsangeboten. Median ± absolute Mediandeviation (Range in Klammern). Signifikante Unterschiede zum Walking: * p<0,05; ** p<0,01	56
Tabelle 6: Ränge der von den Kindern und Jugendlichen nach Beliebtheit sortierten Bewegungsangebote in der stationären Adipositas therapie. Median ± Mediandeviation.	60
Tabelle 7: Aktuelle Empfehlungen zu Umfang und Intensität körperlicher Aktivität nationaler und internationaler Expertenpanels und Gesundheitsorganisationen in Abhängigkeit von Zielgruppe und Zielsetzung.	77
Tabelle 8: Untersuchungen zu Sauerstoffaufnahme, Energieumsatz und relativer Belastung bei verschiedenen Bewegungsangeboten. Mittelwert ± Standardabweichung (sofern in Originalpublikation angegeben). BMI: Body-Mass Index; EE: Energieumsatz; k.A.: keine Angabe; M: männlich; MET: metabolisches Äquivalent (3,5 ml*kg ⁻¹ *min ⁻¹ VO ₂); PA: Körperliche Aktivität; W: weiblich.....	96

Curriculum Vitae

Name:	Christian Thiel
Geburtsdatum:	6. Juni 1975
Geburtsort:	Frankfurt-Höchst
Staatsangehörigkeit:	Deutsch
08/1981 – 07/1985	Grundschule Marxheim
08/1985 – 01/1990	Elisabethenschule Hofheim
02/1990 – 06/1994	Gymnasium Oberursel, Abschluss: Abitur
10/1994 – 12/1995	Zivildienst bei der Stadt Oberursel (Umweltschutz) und bei der Zentrale für ambulante Krankenpflege Frankfurt-Bonames (mobiler sozialer Hilfsdienst)
04/1996 – 05/2004	Doppelstudium an der J.W. Goethe-Universität Frankfurt/Main
01/2004	Abschluss Magister Artium Sportwissenschaften (Nebenfächer: Sportmedizin, Englische Sprachwissenschaft). Gesamtprädikat „mit Auszeichnung“
05/2004	1. Staatsexamen für Lehramt an Gymnasien: Sport und Englisch. Gesamtnote 1,29
ab 1991	Tätigkeiten für Vereine und Volkshochschulen sowie freiberufliche Aktivitäten als lizenzierter Trainer in den Bereichen Leichtathletik, Inline-Skating, Fitnesstraining, Koronarsport, Rückenschule
04/1994 – 08/1998	Vorstandsmitglied (Presse) der TSG Oberursel und freier Mitarbeiter von drei Lokalzeitungen für den Bereich Leichtathletik im Hochtaunus
08/1998 – 09/1998	Praktikum in der medizinischen Trainingstherapie bei Reha Main Tain, Bad Homburg
1999 – 2003	Wissenschaftliche Hilfskraft (Fachpraxis Leichtathletik) am Institut für Sportwissenschaften an der J.W. Goethe-Universität
08/2001 – 09/2001	Praktikum im Athletic Training Center des Department of Physical Education and Health Sciences am Irvine Valley College, Kalifornien, USA
ab 11/2001	Athletik-Training mit Tennisprofis in Zusammenarbeit mit der Abteilung Sportmedizin der J.W. Goethe-Universität
ab 01/2002	freier Mitarbeiter in der Medizinischen Trainingstherapie bei Reaktiv GmbH, Kronberg
ab 04/2004	Wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Sportwissenschaften der J.W. Goethe-Universität, Abteilung Sportmedizin, Prof. Dr. Dr. W. Banzer.

Christian Thiel

Frankfurter Landstr. 7
61440 Oberursel

c.thiel@sport.uni-frankfurt.de

Datum: 13. November 2006

Erklärung

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel „Energiebilanz und Beanspruchungsprofil spezifischer Bewegungsangebote der pädiatrischen Adipositasstherapie“ selbständig verfasst sowie nur die in der Dissertation angegebenen Hilfsmittel in Anspruch genommen zu haben.

Frankfurt, den 13. Oktober 2006